

المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف



أحمد السروي

**المعالجة الفيزيائية والكيميائية
لمياه الصرف**

المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

إعداد
أحمد السروي

٢٠٠٨



رقم الإيداع

2007 / 26798

977-440-033-X

ISBN

الطبعة الأولى

٢٠٠٨ م

المسروي ، أحمد .

المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف / أحمد المسروي -
ط ١ - الجيزة . الدار العالمية للنشر والتوزيع ، ٢٠٠٨

٥٦٠ ص ، ٢٤ سم .

تدمك : X-٣٣-٠٤٤٠-٩٧٧

لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب أو اختزان مادته بطريقة
الاسترجاع أو نقله على أي نحو أو بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو
ميكانيكية أو خلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقوماً .

الدار العالمية للنشر والتوزيع

١١١ شارع الملك فيصل - الهرم

ت : ٣٧٤٤٦٤٣٨ - ٣٧٤٤٦٣٢٤ ف : ٣٧٧١٩٨٩٩ - ٢٠٢

ص.ب : ٢٦٢ الهرم - ج.م.ع E-MAIL : daralaalmiya@hotmail.com

dar_alalamiya@yahoo.com

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

رَبَّنَا تَقَبَّلْ مِنَّا إِنَّكَ أَنْتَ السَّمِيعُ

الْعَلِيمُ

"اللهم اجعل عملي هذا خالصا لوجهك

الكريم"

إهداء

إلى أبي وأمي الذين كانا سببا في وجودي
،وببركة دعاؤهما ينير الله ليريقي .

إلى كل محب للعلم مشغول به من أجل
راحة الإنسان وتطوره.

اهدي هذا الكتاب

مقدمة

الماء ... معجزة من معجزات الخالق، أودع فيها أسرارَه فصار ذا خصائص فريدة، احتار في فهمها العلماء فعكف كثيرا منهم على دراستها وتحليلها.

(وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ) (سورة الأنبياء: الآية ٣٠)

والإنسان يعتمد على الماء في حياته كلها، في مشربه، ومطعمه، ونظافته، وري زرعهِ، وإستصلاح أراضيه، وإدارة وتشغيل مصانعه، وتوليد الطاقة. وتزداد حاجة الإنسان إلى الماء كل يوم، فكل عام يزداد التعداد، وتزداد معه الحاجة للماء.

الماء حقيقة في الوجود وسر من أسرار الحياة ، هذه الحقيقة تشهد بعظمة الخالق سبحانه وتعالى ، ولعل أبرز هذه الحقائق وضوحا تكرر في فلك علمه (الماء) التي وردت في قرآننا الكريم ثلاثة وستين مرة وكل مرة تحمل إعجازاً مختلفاً لا مثابه مثله ، فالماء سر الحياة وإكسيرها الدائم وبدونها تجف الطبيعة وتنشق أرضها أو يموت ما على الأرض من كائنات ووجودها هو دليل نماء ولزدهار ، حتى الآن الأمم في زماننا لا تتباهى بعلوم اكتسبتها قدر تباهيها بمياه أحاطت أرضها من أي جانب كان. ولهذا تعد المياه اهم المصادر الطبيعية علي سطح الارض، ولان الكرة الارضية ذات موارد محدودة تتعرض لاستنزاف يوما بعد يوم ولان الماء من اهم الموارد علي سطح الارض لارتباط حياة الانسان بوجوده ونقاؤه ، والمياه باستعمالها الخاطيء الغير مدروس يمكن ان تتحول الي مصدر من مصادر التلوث والافساد البيئي ، ولذا يجب التحكم في المياه ان لمكن لمنع تلوث البيئة والاستفادة من الماء كنعمة كبري موجودة علي الارض. ومن اهم سبل الحفاظ علي البيئة المائية وحمايتها من التلوث هي معالجة المياه الملوثة بكافة صورها واشكالها . وتعد مياه الصرف الصحي احد انواع المياه الملوثة الناتجة عن انشطة الانسان المختلفة واستعمالاته المتعددة للماء في كثير من الاغراض . اذا تحمل مياه الصرف الكثير من الملوثات المختلفة عن النشاطات الانسانية والتي يجد الانسان

بـ.خص منها من خلال شبكات مياه الصرف كوسيلة سهلة وسريعة للتخلص من الفضلات . وهذه الملوثات الموجودة في مياه الصرف لابد من التعامل معها بحرص من أجل سلامة البيئة وصحة الإنسان وسلامة الكائنات الموجودة معه في بيئته .

ومياه الصرف مرتبطة ارتباطا وثيقا بتلوث المياه والتربة ، ولهذا فانه من الضروري والحتمي معالجة مخلفات مياه الصرف والمخلفات السائلة عموما معالجة متكاملة ، حتي لا تصل تلك المخلفات الي مصادر المياه سواء استخدمت هذه المياه في أغراض منزلية أو ترفيهية أو في الزراعة .

ويجب ان تكون عملية معالجة وتنقية مياه الصرف والتخلص من المياه المعالجة والاستفادة منها عملية منظمة تراعي فيها جميع الظروف البيئية والاجتماعية والانسانية .

ومن كل ما سبق يتضح ان معالجة مياه الصرف معالجة جيدة وفعالة هي من اهم وسائل وطرق حماية البيئة المائية والارضية من التلوث اذ توفر المعالجة العلمية الصحيحة التخلص الامن والصحيح لهذه المياه واعادة تدويرها بامان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الانسان والحفاظ علي بيئته وصحته.

ومن هذا المنطلق جاء موضوع هذا الكتاب الذي يتناول عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف بأسلوب علمي شارحا لكثير من نظم المعالجة الحديثة لمياه الصرف والرواسب الصلبة (الحمأة) الناتجة عن عمليات المعالجة ، ووسائل التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف ، ومبينا إدارة مياه الصرف المعالجة والمجالات المختلفة لاستخدام مياه الصرف المعالجة والاستفادة منها.

بالإضافة الي تناول موضوع هام وهو قواعد السلامة والامسن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

وكان تناولنا لهذا الكتاب تناولاً علمياً مبسطاً دون الإخلال بالمادة العلمية مع ذكر كثير من التطبيقات والأمثلة العملية والمسائل مما ييسر على القارئ سبل الإلمام بأهم نظريات وأسس معالجة مياه الصرف والتحكم في تشغيل محطات المعالجة . وبما يعود بالفائدة على جميع العاملين في هذا المجال من المهندسين والباحثين والفنيين .
واني أرجو من الله عز وجل أن يجد طلاب الهندسة والعلوم بالجامعات العربية في هذا الكتاب ما يفيدهم ويعينهم في دراساتهم العلمية والعملية وأن يجدوا فيه تيسيراً في الاستيعاب والتحصيّل دون إجهاد .

والتي زملائي الكيميائيين والمهندسين والفنيين العاملين في مجالات معالجة المياه راجياً أن يجدوا في هذا الكتاب برغم تواضع محتواه ما يمكنهم لمزيد من الجهد والاجتهاد لرفع مستوي مشاريع معالجة المياه في مصر والعالم العربي .
كما أرجو الله سبحانه وتعالى أن يكون كتابي هذا اسهماً متواضعاً في نشر الاهتمام بالعلم في بلادنا ، حيث أن المكتبة العربية بحاجة ماسة إلى كتاب عربي علمي يجذب القارئ للاستزادة والتوسع في العلوم الأساسية والهندسية ، وأن يكون حافظاً لمزيد من إصدار ونشر كثير من الكتب العلمية والتراجم باللغة العربية اسهماً منا في نشر الثقافة العلمية في بلادنا التي هي في أمس الحاجة للتقدم العلمي والتقني .

وقد تم إعداد الكتاب في ثمانية أبواب :-

الباب الأول مياه الصرف الصحي

الباب الثاني عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

الباب الثالث عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

الباب الرابع المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة (الحماة)

الباب الخامس تطبيقات عمليات المعالجة

الباب السادس إدارة مياه الصرف للمعالجة

الباب السابع التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف
الباب الثامن قواعد السلامة والأمن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي
ثم قاموس المصطلحات العلمية والملاحق المراجع العربية والاجنبية.

الباب الاول

وهو خاص عن مياه الصرف ، مستعرضا دورة الماء علي سطح الارض والدورة
الصناعية ودورة استهلاك الماء ثم مبينا مصادر المخلفات السائلة المختلفة وأنظمة
الصرف الصحي المختلفة وشارحا بالتفصيل مكونات المخلفات السائلة والخصائص
الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف بالإضافة الي خيارات التخلص من
مياه الصرف والاثار البيئية لصرف مياه الصرف الغير معالجة.

الباب الثاني

وهو يتناول بالشرح والتفصيل عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف مثل
عمليات التصفية والطحن والتفتيت ومعالجة التدفق وتجانس مياه الصرف وحجز
الرمال والحصى والترسيب بالجاذبية الابتدائي والثانوي والترشيح مع ذكر انواع
المرشحات الرملية والمرشحات ذات الوسط الحبيبي و عملية التعويم وأنواعها وتقنية
المعالجة الثلاثية المتقدمة مثل تقنية التناضح العكسي بالإضافة الي الأنظمة الطبيعية
لمعالجة مياه الصرف.

ويذكر الباب كثير من العوامل المؤثرة علي بعض العمليات الفيزيائية لمعالجة مياه
الصرف كالعوامل المؤثرة علي الترسيب بالجاذبية ومميزات وأقتصاديات بعض
انظمة المعالجة .

الباب الثالث

وهو يتناول بالشرح عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف مثل عمليات
الترسيب الكيميائي وإزالة كل من الفسفور والعناصر الثقيلة بالطرق الكيميائية
كالترسيب الكيميائي ، وشرح عمليات اخري كالامتزاز بالكربون المنشط وتطبيقاته

في مياه الصرف، وعمليات التطهير بالمواد الكيميائية مثل التطهير بالكلور وعمليات نزع الكلور.

الباب الرابع

يتحدث عن المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة (الحمأة) الناتجة عن معالجة وتنقية مياه الصرف مثل العمليات التمهيدية لتجهيز الحمأة للمعالجة والتنشيط و العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة الحمأة والتي تشمل عمليات تكثيف وتثبيت وتنشيط وتجفيف وتطهير الحمأة بالإضافة الي طرق التخلص من الحمأة واساليب استخدامها.

الباب الخامس

وهو يتناول تطبيقات عمليات معالجة مياه الصرف وهذه التطبيقات تشمل المعالجة التقليدية كالمعالجة التمهيدية والابتدائية والثانوية والثلاثية لمياه الصرف والطرق الغير تقليدية كالمعالجة اللامركزية لمياه الصرف وطرق معالجة الحمأة مع اعطاء مثال تطبيقي عملي لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف. وهذا بالإضافة الي ذكر مميزات وعيوب بعض طرق المعالجة.

الباب السادس

وهو يتناول بالشرح مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة مثل استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة والانشطة الترفيهية واستخدامها في تغذية طبقات المياه الجوفية والاستخدامات الصناعية كمصدر من مصادر مياه الشرب . وتطرق الباب الي معالجة واعادة استخدام المياه الرمادية ومميزاتها ومحاذير استخدامها والاتجاهات والاهتمامات الجديدة لاعادة استخدام مياه الصرف.

الباب السابع

وهو خاص بشرح طرق التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف ودور كل من المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة و الاختبارات المعملية وكيفية تحديد كفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية عن طريق النتائج المعملية بالإضافة الي أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف.

الباب الثامن

هذا الباب يتناول موضوع هام وهو قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي حيث يوضح المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي مثل المخاطر البيولوجية ومخاطر المواد الكيميائية ومخاطر الخزانات ومخاطر بعض الغازات السامة كبريتيد الهيدروجين وغاز الكلور ومخاطر الكهرباء. هذا بالإضافة الي ذكر كثير من طرق الوقاية لهذه المخاطر والأقلال من اثارها .

وفي النهاية قاموس للمصطلحات العلمية التي وردت بهذا الكتاب ثم المراجع العربية والاجنبية .

وارجو من الله سبحانه وتعالى ان اكون وفقت في تناول موضوعات هذا الكتاب وان يكون هذا الكتاب نافعا للناس ومحفزا لهم لمزيد من البحث والدراسة في مجال علوم معالجة المياه والصرف .

ما وفقت فيه فمن الله العظيم الخبير و ما أخطئت فيه فمن تقصير نفسي ومن آفة علمي

لهم علما ما ينفعنا و اتفعا بما علمتنا و زدنا علما.

المؤلف

مسرر المصطلحات

activated carbon	فحم منشط
adsorption	امتزاز
aeration tank	حوض تهوية
aerobic digestion	هضم هوائي
anaerobic digestion	هضم لاهوائي
analysis	التحليل
anoxic processes	عمليات بنقص الأكسجين (اللاكسجينية)
algae	الطحالب
attached-growth systems	عمليات بيولوجية تكون الكائنات الدقيقة فيها مثبتة على سطح
bacteria	بكتريا
belt filter press	مكبس ترشيح حزامي
biochemical oxygen demand BOD	الأكسجين الحيوي المستهلك
biological growth	نمو بيولوجي
biological aerobic treatment	المعالجة البيولوجية الهوائية
biological anaerobic treatment	المعالجة البيولوجية اللاهوائية
biological Facultative processes	عمليات المعالجة البيولوجية الاختيارية
centrifugation	الطرد المركزي
chemical oxygen demand COD	الأكسجين الكيميائي المستهلك
Chemical sedimentation	الترسيب الكيميائي
chemical treatment processes	عمليات المعالجة الكيميائية
Chlorination	التطهير بالكلور (الكلورة)
coagulation	الترويب
coliforms	بكتيريا الكوليفورم البكتريا القولونية
Dechlorination	نزع الكلور
dewatering	نزع الماء من الحمأة
denitrification	عكس النترنة
digestion	هضم
digesters	هاضمات لاهوائية
disinfection	التطهير

dissolved air floatation	الطفو بالهواء المذاب
drying beds	احواض تجفيف
dry solids	المواد الصلبة الجافة
effluent	مياه المخرج
equalization	معادلة التدفق
fecal coliforms	بكتيريا كولي فورم غاطية
filamentous microorganisms	كائنات خيطية
filamentous bacteria	بكتيريا خيطية
final clarifier	مرور نهائي
filtration	الترشيح
fixed-film reactors	مفاعلات ذات غشاء ثابت
floating	الطفو
flow	الدفق (التدفق)
foam	رغوة
Grinding	الطحن
grit chamber	حجرة حجز حصى
laboratory	المعمل (المختبر)
mixed liquor	السائل المخلوط
mixed liquor suspended solids	المواد العالقة للسائل المخلوط
mixed liquor volatile suspended solids	المواد العالقة المتطايرة للسائل المخلوط
neutralization	التعادل
nitrates	نترات
nitrification	نترنة
oil and grease	الزيوت والدهون
operation	التشغيل
overflow	فيض
physical Treatment Processes	عمليات المعالجة الفيزيائية
pH	الرقم الهيدروجيني
pond processes	عمليات البرك
primary sedimentation tank	حوض ترسيب ابتدائي

protozoa	كائنات أولية وحيدة الخلية
quality control	ضبط الجودة
quality assurance	توكيد الجودة
return sludge	الحماة العائدة
reuse	اعادة استعمال
reverse osmosis	التناضح العكسي
sampling	عملية جمع العينات
Sand and grit removal	إزالة الرمل والحصى
secondary wastewater treatment	المعالجة الثانوية لمياه الصرف
sedimentation	ترسيب
Sewerage	شبكة تجميع الصرف الصحي
sludge	الحماة (الرواسب الصلبة)
sludge blanket	غطاء الحماة
sludge bulking	تضخم حجمي للحماة
sludge Processing	معالجة الحماة
stabilization pond	بركة تثبيت
straining, screening	نصفية
Sterilization	التعقيم
surface aeration	تهوية سطحية
supervisory Control and Data Acquisition SCADA	التحكم الإشرافي على البيانات المعطاة
suspended-growth systems	عمليات بيولوجية تكون فيها الكائنات الدقيقة الصغرية معلقة في السائل
thickening	تكثيف
total dry solids	المواد الصلبة الكلية
total suspended solids	المواد العالقة
total nitrogen	النيتروجين الكلي
total phosphorous	الفوسفور الكلي
treated water	مياه معالجة
trickling filter	مرشح بيولوجي
wastewater	مياه صرف (مخلفات سائلة)
wasted sludge	الحماة المنصرفة (الزائدة)

الباب الأول

مياه الصرف الصحي

تمهيد

- ١-١. دورة الماء على سطح الأرض
- ١-١-١. الدورة الاصطناعية للمياه
- ١-١-٢. دورة استهلاك الماء
- ٢-١. مصادر المخلفات السائلة
- ١-٢-١. معدل صرف وتدفق مياه الصرف الصحي من المصادر

المختلفة

- ٣-١. أنظمة الصرف الصحي المختلفة
- ٤-١. الدراسات اللازمة لإنشاء شبكة الصرف الصحي
- ١-٤-١. تصميم شبكة المجاري
- ٥-١. مكونات المخلفات السائلة
- ١-٥-١. الفضلات البشرية ومياه الصرف
- ٦-١. الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف
- ٧-١. الملوثات في مياه الصرف
- ٨-١. خيارات التخلص من مياه الصرف الصحي
- ١-٨-١. الآثار البيئية لصرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة
- ٩-١. طرق وعمليات معالجة مياه الصرف

الباب الاول

خصائص مياه الصرف الصحي

تمهيد

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه ورغم أن بعض الدول لاتعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساوياً . وقد أدى ذلك إلى أختلال للتوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها ، الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق . وتعد إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من طرق استغلال المياه التي تلاقى قبولاً ملحوظاً في الآونة الأخيرة .

إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو إسراع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة وبحجم صغير .

ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في إزالة المواد العالقة والضاوية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض . ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة وزيادة المعرفة بتأثير الملوثات على البيئة سواء على المدى القريب أو البعيد إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق معالجه لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديماً .

والنقاط التالية تبين ملخص لمعظم أسباب معالجة المخلفات السائلة :-

١. التخلص وإزالة كلا من المواد العالقة والمواد الطافية.
٢. تحويل المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا الي مواد بسيطة.
٣. التخلص من المواد والكائنات المسببة للأمراض.
٤. إزالة المغذيات النباتية كالنيتروجين والفسفور.
٥. إزالة المواد السامة مثل التي تنتج من صناعة المركبات العضوية كالعناصر الثقيلة.

٦. المحافظة علي المصادر الطبيعية للمياه (السطحية والجوفية).
 ٧. ازدياد الاهتمام بالمحافظة علي البيئة وازدياد الوعي البيئي.
 ٨. الحاجة الشديدة لكل قطرة ماء للزيادة الزهية في النمو السكاني.
- وهناك كثير من العوامل الهامة التي تؤثر علي كيفية إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي ومنها :

- أ- وفرة أو ندرة مصادر المياه داخل البيئة المحلية.
- ب- وجود خزان جوفي للمياه.
- ت- درجة ونوعية الملوثات الموجودة داخل مياه الصرف الصحي.
- ج- طبيعة استخدام المياه المعالجة سواء في القاءها في المسطحات المائية أو الري.
- د- البعد الاقتصادي.
- ر- الاثار البيئية.

١-١. دورة الماء علي سطح الأرض

إن دورة الماء تصف وجود وحركة المياه علي الأرض وداخلها وفوقها. وتتحرك مياه الأرض دائما وتتغير أشكالها باستمرار، من سائل إلى بخار، ثم إلى جليد، ومرة أخرى إلى سائل. لقد ظلت دورة الماء تعمل مليارات السنين، وتعتمد

عليها كل الكائنات الحية التي تعيش على الأرض حيث من دونها تصبح الأرض مكاناً طارداً تتعذر فيه الحياة.

قال تعالى :

(وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَمْكَنَّا فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لِقَادِرُونَ)

(سورة المؤمنون الآية ١٨)

يتميز الماء الموجود فوق الأرض، بالحركة الدائمة والدوران المستمر. فماء المحيطات والبحار يصعد إلى الهواء، عن طريق عملية التبخر حيث يكون السحاب، الذي تدفعه الرياح إلى مناطق الأرض المختلفة، ثم يتكثف ويهطل أمطاراً على الأرض، ومنها يرجع إلى المحيطات مرة أخرى.

وتبلغ كمية المياه المتبخرة من الأرض، بفعل حرارة الشمس لتكون السحاب، حوالي ٥٠٠ ألف كيلو متر مكعب. ومعظم هذا السحاب المتكون، ينشأ من المحيطات عن طريق عملية البخر كما أن هناك كمية قليلة من السحاب، الذي يتكون من خلال عملية البخر من الرطوبة، الموجودة في سطح التربة وعملية النتج من أوراق النبات، حيث تعرف هاتان العمليتان معاً باسم "البخر - النتج".

ثم يتكثف هذا السحاب، ليسقط أمطاراً على الأرض. وتسقط معظم هذه الأمطار، مرة أخرى، في المحيطات والبحار، ويبقى جزء قليل يسقط على اليابس. وبمقارنة كمية ماء الأمطار المتساقطة على اليابس، بالماء الذي تبخر منها عن طريق البخر والنتج، تعد كمية الأمطار أكثر بكثير من تلك التي تصاعدت من اليابسة. إلا أن هذه الزيادة ترجع مرة أخرى إلى المحيطات والبحار، عن طريق ظاهرة الجريان السطحي لمياه الأمطار، من خلال المياه الجوفية والأنهار الجارية. ثم تبدأ دورة جديدة للمياه من المحيطات، إلى الهواء، إلى الأرض، ثم إلى المحيط. وهذه الدورة الدائمة لمياه الأرض، تسمى دورة الماء (Water Cycle) ، أو (Hydrologic Cycle).

وحسب الموازنة المائية فإنه لا يوجد أي فقدان للمياه في الميزان المائي ويعبر عن ذلك المعادلتين التاليتين :

١. معادلة البحار والمحيطات

المعدل السنوي للمياه المتبخرة - المعدل السنوي للمياه الساقطة في البحار والمحيطات + المعدل السنوي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات.

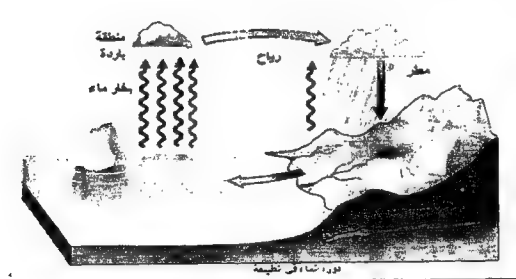
أي أن معدل التبخر = معدل السقوط = معدل الصبيب

٢. معادلة اليابسة

الكمية الوسطى المتبخرة - الكمية الوسطى للتساقط على اليابسة + الكمية الوسطى لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات

أي أن الكمية المتبخرة = الكمية المتساقطة + كمية الصبيب

ونتيجة لهذه الدورة، فإن كمية الماء العذب الموجود على سطح الأرض، هي الكمية نفسها منذ قديم الأزل، وهي الكمية نفسها، التي سوف تظل فوق سطح الأرض. وهذه الكمية يعاد استخدامها مرة بعد مرة.



شكل ١-١ دورة الماء على الأرض

١-١-١. الدورة الاصطناعية للمياه

على التوازي مع الدورة الطبيعية للمياه هناك ما يسمى الدورة الاصطناعية للمياه تبدأ بتدخل الانسان من مكان أخذ المياه (المصدر الطبيعي) لاستخدامه في عدة مجالات لينتهي برمييه مرة اخرى في المصب الطبيعي .
والشكل التالي يبين مختلف المهام والوظائف التي تمر بها دورة المياه ابتداء من مكان تواجده الي مكان رميه .
يمكن تلخيص مراحل الدورة الاصطناعية للمياه كما يلي:-

١- استخراج وجـر (نقل) المياه :

تتم عملية رصد وجمع المياه سواء كانت مياه جوفية (كالآبار والينابيع) أو مياه سطحية (كالأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات) أو مياه استثنائية كمياه الهطول مباشرة .

٢- معالجة وتنقية المياه:

وتتم هذه العملية تقريبا يوميا بغرض الحصول علي مياه نقية صحية صالحة للشرب أولاي استعمال . تتم عملية المعالجة تبعا لنوعية المياه (مياه المصدر) وحسب الغرض المخصصة له (فمثلا مياه التبريد أقل في النقاوة من مياه الشرب ، ومياه صناعة الأدوية ذات مواصفات خاصة جدا) .

١- تحويل المياه :

هذه العملية عبارة عن نقل المياه من مكان المصدر الي مكان الاستهلاك ، ويمكن ان ترتب هذه المرحلة قبل المرحلة السابقة اذا كانت نوعية ومواصفات المياه تسمح بذلك .

٢- التخزين :

يقصد بالتخزين هو تجميع المياه في خزان لضمان تجانس كبير للتدفق المعالج من جهة ومن جهة اخرى ضمان استمرار تدفق المياه في حالة حدوث عطب او

عطل في المراحل السابقة . ومن الضروري ان يكون منشآت التخزين قريبة من المستهلك.

التوزيع :

يتمثل التوزيع عملية تزويد المستهلكين بالكميات المطلوبة من الماء وبالضغط المناسب اللازم في اي وقت ، وهذا يتطلب وضع شبكة من المواسير ذات اقطار مدروسة لاكبر تدفق ممكن ان يمر بأي نقطة من نقاط للشبكة .

٣- شبكة المجاري :

بعد الاستهلاك فان المياه المستعملة تسمى مياه صرف أو مياه عادمة وهي تصرف في شبكة ، وتصمم هذه الشبكة بحيث تستوعب اي تدفق (من مياه الأمطار ومياه المستعملة) .

٤- جمع مياه الأمطار الساقطة

بالتوازي مع المرحلة السابقة فان مياه الأمطار الساقطة تجمع وتصرف الي مصاب طبيعية او يكون لها شبكة تجمع وتصرف خاصة (وتسمى هذه الشبكة شبكة صرف منفصلة) أو تجمع وتصرف مع مياه المجاري في شبكة واحدة (وهذه تسمى شبكة صرف مجمعة مشتركة).

٥- التصفية

نظريا يجب معالجة المياه المستعملة معالجة تهيئية بالتصفية قبل رميها في المصب الطبيعي وذلك لتفادي اي تلوث للمصادر الطبيعية .

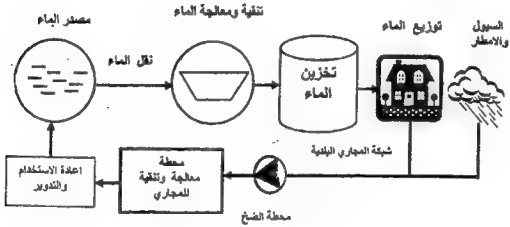
٦- المصب

عادة يتم رمي المياه بعد تصفيتها في الوسط الطبيعي ، ويمكن رمي مياه الأمطار اذا كانت بكميات كبيرة الي المصب مباشرة بدون تصفية او معالجة اولية اذا كانت لا تشكل تلوّثاً للمصب الطبيعي .

٧- الضخ

بسبب اختلاف مستويات مراحل المسار الاصطناعي للمياه يتم استخدام الآلات الضخ من أجل رفع المياه من مناسب منخفضة طبيعية الي مناسب أعلى. في أغلب الحالات نجد المضخات بالقرب من مراحل المعالجة وتخزين المياه وبعض شبكات المجاري .

والشكل التالي يبين الدورة الاصطناعية للماء.

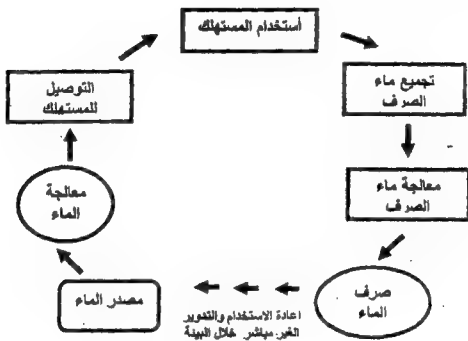


شكل ١-٢ الدورة الاصطناعية للمياه

١-٢-١. دورة استهلاك الماء

إن عملية استهلاك الماء في الأغراض المختلفة تبدأ من استغلال مصدر الماء كمورد وتنتهي بعودة الماء مرة أخرى بعد استخدامه واستهلاكه الي المصب الرئيسي الذي استخدم كمصدر للماء ولهذا فان دورة استهلاك الماء تعد جزءا من الدورة الاصطناعية للماء ، وتشمل دورة استهلاك الماء دخول عمليات تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي داخل محطات المعالجة وصرف الماء المعالج وإعادة استخدامه في الأغراض والاستخدامات المختلفة.

والشكل التالي يبين دورة استهلاك الماء والتي من عناصرها تجميع ومعالجة
وصرف وإعادة استخدام مياه الصرف



شكل ٣-١ دورة استهلاك

٢-١. مصادر المخلفات السائلة

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر ، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام للتجميع المستعمل فيها . ومن مصادر تلك المياه ما يلي :

- أ - المخلفات السائلة المنزلية وتشمل مياه الاستعمالات المنزلية والتجارية كالوحدات السكنية والفنادق والمطاعم والمدارس وتسمى أحيانا بمياه المجاري.
- ب - المخلفات الصناعية وهي الناتجة عن عمليات التصنيع المختلفة .
- ج - مياه الأمطار التي يتم تجميعها من سقوط المطر وذلك في حالة نمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول والأمطار وفي حالات التلوث البيئي

الشديدة قد تحتوي مياه الأمطار علي ملوثات صناعية وايضا نواتج غسل الأسطح والشوارع .

د- المياه المتسربة من عدة مصادر كمياه الرش التي يمكن أن تصل لخطوط الصرف من خلال الوصلات أو مسام خطوط الصرف في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية .

و - القمامة فقد تتسرب بعض القمامة الي بالوعات المجاري وذلك خصوصا عند تركيب مقارم الطعام وكسارات القمامة بأحواض المطبخ.

١-٢-١. معدل صرف وتدفق مياه الصرف الصحي من المصادر المختلفة

بالنسبة لمياه الصرف البلدية والمعروفة بمياه المجاري فان معدل صرف وتولد مياه الصرف يختلف من مكان الي اخر ومن دولة الي اخري فالدول الصناعية اكثر في استهلاكها للمياه من الدول النامية وبالتالي يتولد عنها كميات اكبر من مياه الصرف، وايضا يختلف الصرف من مكان الي اخر داخل الدولة نفسها فالريف اقل استهلاكاً للماء من المدن وداخل المدينة الواحدة حسب المستوى المعيشي ودرجة الرفاهية.

والجدول التالي يبين معدل تولد وصرف مياه المجاري البلدية.

جدول ١-١

تولد وصرف مياه المجاري البلدية من المصادر المختلفة

مصدر التولد	الوحدة	التدفق (لتر/ وحدة / يوم)
المصادر المحلية البلدية		
منزل أو شقة عالية المستوى	شخص	٢٥٠
منزل أو شقة منخفضة المستوى	شخص	١٩٠
منزل تقليدي	شخص	٢٦٥
منزل جديد	شخص	٣٠٥
منزل ذو رفاهية	شخص	٣٦٠
منزل قديم	شخص	١٧٠
كوخ صيفي	شخص	١٥٥
المصادر التجارية		
المطار	مسافر	٤٥
مخزن تجاري كبير	عميل - مستهلك	١٩٠٠
فندق	نزيل	١٨٢
مضلة	ماكينة غسيل	٢١٠٠
المكاتب	موظف	٥٠
مطعم	وجبة	١٢
مركز تسوق	موظف	٣٨
المنشآت الحكومية		
مستشفى طبي	سرير	٦٢٥
مستشفى نفسي	سرير	٣٨٠
السجن	نزيل	٤٣٥
نزل تستراحة	مضيف	٣٢٢
المدارس		
مدارس بها كافتيريا وادشاش وجيم	طالب	٩٥
مدارس بها كافتيريا فقط	طالب	٥٨
مدارس ليس بها كافتيريا أو جيم	طالب	٤٢

٣-١. أنظمة الصرف الصحي المختلفة Systems Sewerage

يتم التخلص من المخلفات السائلة عن طريق شبكة من الأنابيب تحمل المخلفات من المنازل إلى شبكة الصرف الصحي في المدينة ، ثم إلى محطات المعالجة ان وجدت .

ويسمى النظام الذي يتخلص من خلاله من هذه المخلفات، "نظام الصرف الصحي" (System Sewage) ويختلف نظام الصرف الصحي، تبعاً لاختلاف درجة رقي المجتمع الأنساني. ففي المدن الحديثة يتكون نظام الصرف الصحي من شبكة أنابيب، تبدأ من المنازل والأبنية تجمع مياه الصرف الصحي، وتوسع هذه الأنابيب شيئاً فشيئاً، مع تجمعها بعضها مع بعض حتى تتحول إلى أنفاق كبيرة يطلق عليها "أنفاق المجاري"، أو "أنفاق الصرف الصحي"، التي تنتهي في محطات معالجة الصرف الصحي .

وفي محطات الصرف الصحي تزال الشوائب والمواد العالقة والمواد العضوية ويتخلص من المواد السامة الموجودة في تلك المياه ويتم زيادة الجرائيم والميكروبات. وبذا تصبح هذه المياه المعالجة آمنة لصرفها في البحر و صرفها في البر أو استخدامها لري الأشجار أو ملل الطرق.

أما نظام الصرف الصحي في الريف فيتكون من خزانات ملحقة بالمنازل الريفية، يطلق عليها "خزانات الصرف" أو "خزانات الفزح". وغالباً ما تبنى هذه الخزانات من الخرسانة أسفل المنزل الريفي، حيث تستقبل مياه الصرف الصحي. وتعرض الفضلات الموجودة في الخزانات إلى عمل البكتيريا التي تحلل المواد العضوية، إلى غازات وفضلات يطلق عليها "الذبال"، فيما يخرج الماء المختلط بالفضلات، والذي يطلق عليه "سائل الصرف الصحي"، إلى التربة المحيطة بخزان الصرف، من طريق الخاصية الشعرية. وينزح خزان الصرف على فترات عند سـتـنه بالذبال، الذي ينقل إلى محطات معالجة الصرف الصحي.

ويتوقف حجم شبكة الصرف الصحي لللازمة لكل مدينة علي عدة عوامل
أهمها :-

- حجم هذه المدينة وعدد سكانها
- انواع الانشطة المختلفة التي تدور في المدينة
- طبيعة استخدام المياه المعالجة سواء تم القاءها في المسطحات المائية أو استخدامها في الري.
- وهناك ثلاثة أنظمة شائعة للصرف الصحي

أ / نظام الصرف الصحي المنفصل

ب / نظام الصرف الصحي الموحد

ج / نظام الصرف الصحي شبه المنفصل

د / نظام الصرف الصحي المنفصل

ويستخدم نظام الصرف الصحي المنفصل لجمع ونقل الفضلات المنزلية والتجارة والصناعة وفي هذا النظام يتم التخلص من المياه السطحية ومياه السيل والأمطار وبواسطة مجاري مياه الأمطار . أما الفضلات السائلة والحماة المنزلية والتجارة والصناعة فيتم التعامل معها بواسطة مجاري أخرى تسمى المجاري الصحية.

ومن محاسن هذا النظام :

- 1/ نظام اقتصادي إذا يتم استعمال مجاري ذات أحجام صغيرة .
- 2/ صرف الفائض من المياه .
- 3/ كمية الفضلات السائلة و الحماة الداخلية للمعالجة قليلة .
- 4/ قليل التكلفة مقارنة بنظام المجاري الموحد عندما الحاجة الي ضخ الفضلات .

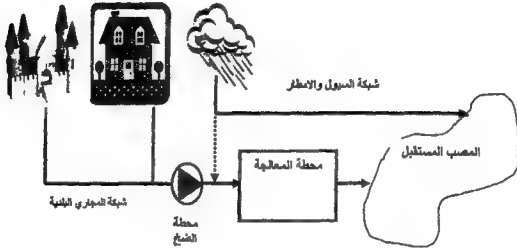
أما مساوئ النظام فتشمل الآتي :

ج / نظام الصرف الصحي شبه المنفصل

وهذا النظام خليط بين النظامين السابقين بحيث يقوم نظام شبكة المجاري باستقبال الفضلات السائلة وجزء من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية (مثلا المياه المجمعة من أسطح المنازل والتي تجد طريقها الي الشبكة ويقوم جزء آخر من النظام بنقل الجزء المتبقي من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية.

والشكل التالي هو لمخطط يوضح شبكة الصرف شبه المنفصل.

السيول والأمطار



شكل ١-٦ (نظام) شبكة الصرف شبه المنفصل

وقد يقود سوء الاستخدام للمصارف الصحية الي مشاكل عديدة منها :

- ١ . الانفجارات .
- ٢ . حدوث الحرائق .
- ٣ . الانسدادات من جراء للشحوم والدهون والزيوت وغيرها من الاوساخ.
- ٤ . الإعطاب والخلل (مثلا من جراء دفن الفضلات الحارقة أو الأكالة ومن جراء التحميل الزائد أو التوصيلات غير القانونية أو تلوث المياه أو لتعرض للمعالجة بالدفق الفائض أو إدخال الفضلات غير القابلة للتحلل) .

١-٤. الدراسات اللازمة لإنشاء شبكة الصرف الصحي

أن عملية إنشاء شبكات الصرف الصحي لا بد أن يسبقها كثير من الدراسات العلمية . ولعمل تصميم جيد مناسب لشبكة المجاري فلا بد من القيام بدراسات للفحص والاستقراء فيما يتعلق ، بالنواحي الطبوغرافية والجيولوجية والجغرافية والهيدرولوجية والهيدرولوجية و الهندسية والاجتماعية للمنطقة . وهذه الدراسات تقيم الوضع الحالي والوضع المستقبلي لمناطق الدراسة .

ومن أمثلة الدراسات التي يبنى عليها تصميم وإنشاء شبكة الصرف الصحي

١. دراسات خاصة بخواص ومكونات المياه السطحية والجوفية (مثلا النفاذية ومستوي المياه الجوفية والتسرب ومعامل التدفق السطحي) وغيرها من العوامل المؤثرة .

٢. دراسات خاصة بشبكة المجاري الحالية وما بها من قصور أو مشاكل أو عيوب ومدي تحملها للامتداد مستقبلاً.

٣. دراسة إمدادات المياه (من كمية الاستهلاك والنسبة المئوية الداخلة لشبكة المجاري) .

٤. دراسات خاصة بقطاع الخدمات الأخرى بالمنطقة (مثل وضع شبكة المياه وخطوط إمدادات الكهرباء وخطوط الهاتف وشبكة الطرق وأنابيب الغاز وعرض الشارع وحالته من سفلته وغيرها .

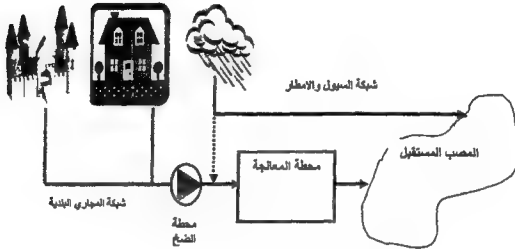
٥. دراسات بالصناعات القائمة والمستقبلية المتوقعة .

٦. دراسات خاصة بالسكان (الكثافة السكانية والنمو والمواليد والوفيات والهجرة والزمن التصميمي مع الخطة الرئيسية).

ج / نظام الصرف الصحي شبه المنفصل

وهذا النظام خليط بين النظامين السابقين بحيث يقوم نظام شبكة المجاري باستقبال الفضلات السائلة وجزء من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية (مثلا المياه المجمعة من أسطح المنازل والتي تجد طريقها الي الشبكة ويقوم جزء آخر من النظام بنقل الجزء المتبقي من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية. والشكل التالي هو لمخطط يوضح شبكة الصرف شبه المنفصل.

السيول والأمطار



شكل ١-٦ (نظام) شبكة الصرف شبه المنفصل

وقد يقود سوء الاستخدام للمصارف الصحية الي مشاكل عديدة منها :

- ١ . الانفجارات .
- ٢ . حدوث الحرائق .
- ٣ . الانسدادات من جراء الشحوم والدهون والزيوت وغيرها من الاوساخ.
- ٤ . الإغطاب والخلل (مثلا من جراء نفق الفضلات الحارقة أو الأكالة ومن جراء التحميل الزائد أو التوصيلات غير القانونية أو تلوث المياه أو التعرض للمعالجة بالدفق الفائض أو إدخال الفضلات غير القابلة للتحلل) .

١-٤. الدراسات اللازمة لإنشاء شبكة الصرف الصحي

أن عملية إنشاء شبكات الصرف الصحي لابد ان يسبقها كثير من الدراسات العلمية . ولعمل تصميم جيد مناسب لشبكة المجاري فلا بد من القيام بدراسات للفحص والاستقراء فيما يتعلق ، بالنواحي الطبوغرافية والجيولوجية والجغرافية والهيدرولوجية والهيدرولوجية و الهندسية والاجتماعية للمنطقة . وهذه الدراسات تقيم الوضع الحالي والوضع المستقبلي لمناطق الدراسة .

ومن أمثلة الدراسات التي يبني عليها تصميم وإنشاء شبكة الصرف الصحي

١. دراسات خاصة بخواص ومكونات المياه السطحية والجوفية (مثلا النفاذية ومستوي المياه الجوفية والتسرب ومعامل التدفق السطحي) وغيرها من العوامل المؤثرة .

٢. دراسات خاصة بشبكة المجاري الحالية وما بها من قصور أو مشاكل أو عيوب ومدى تحملها للامتداد مستقبلاً.
٣. دراسة إمدادات المياه (من كمية الاستهلاك والنسبة المئوية الداخلة لشبكة المجاري) .

٤. دراسات خاصة بقطاع الخدمات الأخرى بالمنطقة (مثل وضع شبكة المياه وخطوط إمدادات الكهرباء وخطوط الهاتف وشبكة الطرق وأنابيب الغاز وعرض الشارع وحالته من سفلته وغيرها .

٥. دراسات بالصناعات القائمة والمستقبلية المتوقعة .

٦. دراسات خاصة بالسكان (الكثافة السكانية والنمو والمواليد والوفيات والهجرة والزمن للتصميمي مع الخطة الرئيسية).

٧. دراسات الرصد الجوي والبيانات الهيدرولوجية المتعلقة بأقصى وأدنى متوسط للأمطار وبنق الأنهار ومستوي البحر والتيارات السائدة والرياح والرطوبة والحرارة والتبخر .
٨. دراسات تاريخ المنطقة وأمكانية وجود آثار أو مناطق أثرية وحدث كوارث طبيعية مثل الزلازل والبراكين وغيرها .
٩. دراسات البيانات السياسية والقوانين المؤثرة علي توصيلات المجاري ومعدلات الدفع وجهات الاختصاص .
١٠. دراسات خاصة بالبيانات الاقتصادية .
١١. بالبيانات العامة الأخرى مثل السياحة وإعداد الاستخدام والدوران غيرها ويمكن تقسيم المسوحات والفحوصات الاستقرائية إلي محاور محددة مثل:
 - ١- المحور الطبيعي : المتعلق بطبوغرافية المنطقة وخرائط المدينة ووجود شبكة مجاري حالية والإمتدادات المستقبلية والمناطق الأثرية والتاريخية ومناطق التراث
 - ب- المحور التنموي: ويتعلق بالسكان بالمنطقة ونوع التنمية السائدة وأهم الخطط القومية بالمنطقة .
 - ج- المحور السياسي : ويتعلق بالحدود السياسية والاتفاقيات وبروتوكولات الخدمات والقوانين المتعلقة بالمعالجة المبدئية للفضلات الصناعية وتلك المتعلقة بإعادة الاستخدام والتكوير وتلك المتعلقة بصرف المجاري المائية وغيرها من قوانين وأنماط استخدامها وطريقة تطبيقها والجهات الصادرة منها وكيفية تغييرها لئلا تتناسب والتغيرات الطارئة في المجتمع والدراسات والبحوث .
 - د- للمحور المالي : الأطوار التي يمكن أن يمر عليها مشروع الصرف الصحي هي :
 - مرحلة التحاليل الأولية. (وتشمل التقنية والاقتصاد والآثار البيئية)

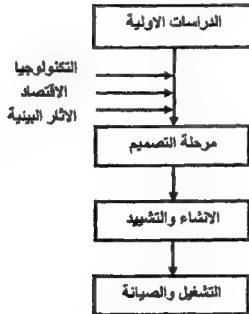
مرحلة التصميم.

مرحلة الإنشاء والتشييد.

مرحلة التشغيل والصيانة.

١-٤-١. تصميم شبكة المجاري

تحتوي معايير التصميم لإيجاد سعة الأنبوب وأقل وأقصى ميل وارتفاعات مناسبة للدق والتغيرات في حجم الدق ويمكن أن تبني الحسابات أما على أساس الدق الذي يملأ كل مقطع الأنبوب (دق كامل) أو على أساس أن الدق يملأ جزء من مقطع الأنبوب (دق جزئي). وبالنسبة للدق الكامل يمكن إيجاد حجم وميل المجرور باستخدام المعدلات المعادلات . أما بالنسبة للدق الجزئي فيمكن إيجاده باستخدام رسم العناصر الهيدرولوجية للأبواب الدائرية وعند استخدام رسم العناصر الهيدرولوجية لابد من استخدام معادلة ماننج أو رسم بياني معادلة ماننج لإيجاد حالة المجرور الممتلئ ثم توجد النسبة بين أي عنصرين هيدرولوجيين.



شكل ٧-١ أطوار مشروع الصرف الصحي

• يمكن تلخيص أهم نقاط تؤخذ في الاعتبار عند تصميم خطوط المجاري على النحو التالي :

١. تحدد حدود المنطقة الرافدة لأي حسابات لقطاع خطوط المجاري ويمكن إيجاد المساحة السطحية بواسطة ممساح ويضرب مقدار المساحة في معامل السيل لإيجاد المساحة الرافدة الداخلة في التصميم .

٢. يوجد عدد السكان من حاصل ضرب المساحة الرافدة في الكثافة السكانية .

٣. يقدر زمن التركيز للقطاع ثم يتم إيجاد دفق السيل .

٤. يوجد ارتفاع وميل وقطر شبكة المجاري ، وسعة وسرعة التدفق ويمكن أن تؤخذ أقطار أنابيب المجاري الممثلة كما يلي :

يؤخذ قطر ١٥٠ ملم لتوصيلات المنازل .

يؤخذ قطر ٢٠٠ ملم للمجاري السطحية .

يؤخذ قطر ٢٥٠ إلى ٣٠٠ ملم لمجاري السيل والأمطار .

٥. تحسب بيانات التدفق ثم يتحقق من زمن التركيز المفترض ويصحح إذا اقتضى الأمر .

٦. يتم تصميم الإنشاءات الهامة مثل المضخات وأحواض المكث .

٧. يتم إنشاء المجاري بعمق مناسب تحت سطح الأرض لتستقبل الفضلات السائلة من المنطقة الرافدة .

٨. يتم تحديد فاقد الطاقة .

٩. عندما لا تسمح الارتفاعات بالأنسياب تحت قوي الجاذبية ليلجأ إلى الضخ .

١٠. يعمل على إن يكون حجم وميل المجاري مناسبة لتحمل الدفق بسرعة مناسبة تمنع تسرب المواد الصلبة وتقوم بالنظافة الذاتية . و بالنسبة لتوصيل المنازل يؤخذ الميل ليساوي ٢ % وأقل ميل يؤخذ ليساوي ١ % .

١١. لا يوضع أنابيب شبكة المجاري الصحية في نفس الأخدود مع أنابيب المياه للمحافظة لصحة العامة ويتم اختيار شبكة المجاري في الشارع بناءً على نوعية وعرض الشارع .

١٢. توضع غرف التفقيش على نقاط ملتقى للمجاري الصحية وعلى نقاط التغير في الميل عدا عند المناطق المنحنية وعلى مناطق تسهل عملية النظافة و الصيانة عند الطواري .

١٣. لا توضع غرف التفقيش في المناطق المنخفضة وتصمم بحيث لا تسمح بنفاذ المياه السطحية.

١٤. يعمل على أن تكون خطوط شبكة المجاري مستقيمة بين نقاط التفقيش.

١٥. توضع غرف التفقيش على مسافات ٩٠ إلى ١٥٠ متراً ولمسافات ١٥٠ إلى ٣٠٠ متر للمجاري الكبيرة .

١٦. عادة توضع شبكة المجاري بالقرب من منتصف الشارع أو الطريق لكي تخدم شبكة المجاري واحدة المنازل في كلا الجانبين منه عدا الشوارع العريضة .
١٧. توضع المجاري في الشوارع العريضة خارج حافة الرصيف والممر الجانبي أو تحت الممر الجانبي .

١٨. تمنع زراعة الأشجار و الشجيرات واقامة الأموار و الجدران السائدة وغيرها من العوائق الأرضية والتي يمكن أن تتداخل مع منفذ خط المجاري .

١٩. التهوية القصرية شبكة المجاري تعتبر عملاً خاصاً يستخدم لحل مشكلة معينة .

٢٠. يستخدم عمق شبكة المجاري المناسب ليخدم التدفق القادم من المنطقة الرافدة وليمنع رجوع الفضلات السائلة من خلال نقاط الارتباط ويعمل على ألا يقل أعلى شبكة المجاري عن المتر الأدنى أرضية الطابق السفلي (العنبر أو البديوم) الذي يخدمه .

٢١. تصمم المجاري نات القطر ٣٧٥ ملم لدفق الكامل " ممثلة " وتصمم المجاري الكبيرة القطر لدفق الجزئي لتكون ممثلة آلي ثلاثة أرباعها .

٢٢. تصمم غرف التفتيش لتسمح بنفاذ إلى شبكة المجاري للمراقبة وأجراء أعمال الصيانة ويعمل علي أن تحدث أقل تداخل مع هايدروليكية المجرور وأن تكون طويلاً وعادة تكون غير نافذة للماء وتحمل ضغط الأحمال .

• التآكل في المصارف الصحية :

تعتبر البيئة داخل شبكة المجاري بيئة تآكل عندما يتم إنتاج غاز كبريتيد الهيدروجين الذي يتأكسد الي كبريتات والتي قد تتفاعل مع الماء وتنتج حمض الكبريتيك الذي يحدث التآكل في معظم شبكات المجاري . ومن الآثار الضارة وغير المستحبة لكبريتيد الهيدروجين مايلي :

أ- إنتاج الروائح الكريهة.

ب- مخاطر لعمال النظافة والصيانة والترميم .

ج- تآكل المجاري غير المحمية والمضخعة من مواد أسمنتية أو مواد معدنية.

د- ربما أضر بالمعالجة إذا أنه يؤثر علي الحماة النشطة ويزيد من متطلبات

الكلور، وتولد كبريتيد الهيدروجين في محطات المعالجة بسبب روائح

كريهة مما يقود إلى شكوى السكان الذي تصلهم هذه الروائح والقريبين

من محطات المعالجة .

الأجهزة والمنشآت المساعدة لشبكات الصرف الصحي

تحتاج شبكات الصرف الصحي الي بعض المنشآت والاجهزة لضمان سلامة

التشغيل وانتظام التدفق ولضمان عدم حدوث مشاكل في التشغيل والصيانة بالاضافة

الي التحكم والاشراف علي الشبكات من خلال تلك الاجهزة والمنشآت وهذه تشمل

١. غرف التفتيش أو المطابق.

٢. بالوعات الشوارع.

٣. بالوعات تحجز الرواسب والرمال

٤. أحواض الدفق.

٥. أجهزة قياس التصريف.

٦. السيفونات المقلوبة.

٧. منظمات التصريف.

٥-١. مكونات المخلفات السائلة

تتكون أية مخلفات سائلة أصلا من المياه المستخدمة بما تحويه من عناصر موجودة فيها قبل الاستخدام، مضافا إليها الملوثات والشوائب التي تصاحب استخدامها. وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكميتها على مجالات الاستخدام. فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها للاستعمالات المنزلية. وعن مياه الأمطار، وكل نوع من هذه الأنواع يتأثر بعوامل كثيرة تؤثر على مكوناته، وتتفاوت هذه العوامل من مكان لآخر مثلا من مدينة إلى أخرى، ثم في المدينة نفسها من منطقة لأخرى، وتختلف المخلفات الصناعية حسب طبيعة الصناعة وعمليات التصنيع والمواد المستعملة في التصنيع ومعدلات استهلاك المياه ومستوى التشغيل.

مياه المجاري المنزلية

المخلفات السائلة المنزلية وتشمل مياه الاستعمالات المنزلية والتجارية كالوحدات السكنية والفنادق والمطاعم والمدارس وتسمى أحيانا بمياه المجاري.

ويمكن تقسيمها لثلاث مصادر فرعية

أولا مياه الحمامات والمراحيض وتحتوي على المخلفات البشرية والمواد الناتجة عن الاستحمام ونظافة الأواني والأرضيات وأعمال النظافة الأخرى والورق وبعض الألياف بالإضافة إلى الصابون.

ثانيا مياه المطابخ وتحتوي على بقايا الطعام وصابون ودهون.

ثالثاً مياه المغاسل وتحتوي علي صابون ومنظفات وأوساخ التنظيف.

وهذا بالإضافة الي ما يمكن ان يصل الي شبكات الصرف الصحي من سوء استخدام الاجهزة الصحية من مواد يمكن وضعها في صناديق القمامة مثلاً ، ولكنها تصل الي مواسير الصرف ، وتسبب مشاكل كثيرة سواء في شبكات التجميع أو محطات الرفع أو المعالجة . وتحتوي مياه المجاري المنزلية عموماً علي ما يلي :-

١-المواد الصلبة الكلية Total Solids (٣٥٠ - ١٢٠٠) مجم / لتر ومن هذه المواد ٢٠ % كانت أصلاً من مكونات مياه الشرب، والباقي اضعف لديها عند استعمالها ، وتكون المواد الصلبة نسبة في حدود ٠,١ % ونسبة المياه ٩٩,٩ % .

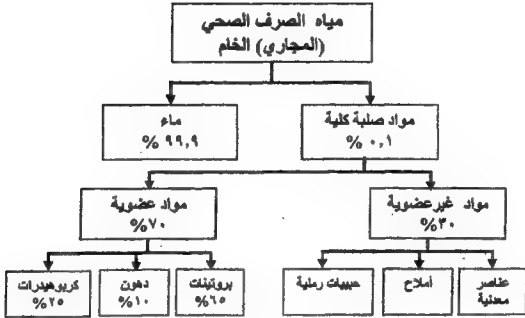
٢-تنقسم المواد الصلبة الي مواد ذائبة ومواد عالقة .

٣-المواد العالقة Suspended Solids تشمل مواد قابلة للترسيب يمكن ترسيبها في أحواض الترسيب ، كما تشمل مواد معلقة صغيرة يصعب ترسيبها ، والمواد العالقة لما ان تكون عضوية من حيث تركيبها الكيميائي او غير عضوية.

٤- المواد العضوية تمثل من ٤٥ الي ٧٥ % من المواد الصلبة، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٥- المواد العضوية الصلبة تشمل اساساً المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت ، بينما تشمل المواد الغير عضوية حبيبات الرمل الدقيقة والاملاح المعدنية وكثير من العناصر الثقيلة .

وبين الشكل الآتي محتويات مياه المجاري المنزلية



شكل ٨-٩ محتويات مياه المجاري المنزلية

تعبير الأكسجين الحيوي (البيولوجي) المستهلك Biochemical Oxygen Demand كمقياس لتركيز المواد العضوية في مياه المجاري ، وهو احد العوامل الرئيسية في معرفة مدى كفاءة وحدات المعالجة ، ويقاس بالجزء في المليون أو بكمية الأكسجين الحيوي المستهلك لكل شخص .

ويوضح الجدول التالي نموذج لبعض تحاليل المجاري المنزلية بتركيزات متفاوتة مقدرة بالجزء في المليون (مجم/لتر).

ومن هذا الجدول يمكن تقسيم قوة تركيز مياه المجاري الي ضعيفة التركيز أو متوسطة التركيز او قوية التركيز وذلك تبعاً لتركيز ونسب العناصر و الملوثات الموجودة بها .

جدول رقم ٢-١

مكونات وقوة تركيز مياه المجاري

العناصر	مجري ضعيفة التركيز (مجم/لتر)	مجري متوسطة التركيز (مجم/لتر)	مجري قوية التركيز (مجم/لتر)
المواد الصلبة الكلية TDS	٣٥٠	٧٢٠	١٢٠٠
المواد العالقة TSS	١٠٠	٢٢٠	٣٥٠
المواد العالقة الفتطيرة TVSS	٧٠	١٥٥	٢٦٠
المواد القابلة للتسبب Settleable Solids	٥	١٠	٢٠
الأكسجين الحيوي BOD المستهلك	١١٠	٢٢٠	٤٠٠
الأكسجين الكيميائي COD المستهلك	٢٥٠	٥٠٠	١٠٠٠
الكلوريدات Chlorides	٣٠	٥٠	١٠٠
النيتروجين الكلي T-N	٢٠	٤٠	٨٥
الامونيا - نيتروجين	١٠	٢٠	٢٥
الفوسفور الكلي T-P	٤	٨	١٥
الدهون Greases	٥٠	١٠٠	١٥٠
القلوية كربونات الكالسيوم	٥٠	١٠٠	٢٥٠
المصدر Water Quality Control Handbook			

٦- يتراوح الأكسجين الحيوي المستهلك BOD عادة بين ٢٢٠ إلى ٣٠٠ مجم /لتر في مياه المجاري المنزلية أو ٥٤ جم / شخص / يوم ، وتكون في حالة

شبكات الصرف المشتركة حوالي ٧٧ جم /شخص /يوم اي بزيادة ٤٠ % عن المجاري المنزلية ، ويؤخذ في الاعتبار كثافة مياه الامطار التي تسقط خلال العام .
٧- في البلاد التي تستخدم فيها كسارات القمامة أحواض المطبخ،تزيد قيمة BOD في المجاري المنزلية

٨- تتواجد في مياه المجاري علي بعض الغازات الذائبة ويتوقف ذلك علي مدى قدم مياه الصرف الصحي ومدى نقائها .
ومن أمثلة هذه الغازات:-

١- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك علي قدم مياه الصرف.

ب- غاز ثاني أكسيد الكربون والنتاج عن تحلل المواد العضوية وتنفس البكتريا.

ج - غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية. وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية الكبريتية.

د- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النتروجينية كالبروتيين بـتأثير البكتريا .

و- غاز النيتريت والنتاج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النيترة وعن عمليات اختزال النترات.

١-٥-١. الفضلات البشرية ومياه الصرف

* مياه الصرف البلدية تتكون من مخلفات صرف الإنسان والحيوان بالإضافة للمياه الرمادية والتي تشمل مياه الاستحمام ونظافة الاواني ومياه المطابخ والمغاسل.
*وتحتوي مياه الصرف الصحي، كذلك، على نسبة عالية من الأملاح، ببول الإنسان، مثلاً، يحتوي على نسبة عالية من اليوريا، والأملاح الضارة بالجسم، التي يتخلص منها بطرحها- إلى الخارج. كذا يحتوي البول، في بعض الأحيان، على

بويضات لبعض الطفيليات، مثل البلهارسيا، وبعض أنواع الميكروبات. أما الغائط، ففضلاً عن احتوائه على مخلفات الطعام والمواد الصلبة، التي لا يستطيع الجسم هضمها، فإنه يحتوي على البكتيريا والفيروسات المعوية، ومنها: فيروس شلل الأطفال، بالإضافة إلى بيض وأطوار كثير من الطفيليات.

والإنسان عموماً يفرز حوالي من ١٠٠ إلى ٥٠٠ جرام من المواد البرازية وحوالي من ١ لتر إلى ثلاثة لترات من البول يومياً، والجدول التالي يبين مكونات المواد البرازية والبول التي ينتجها الإنسان والتي تجد طريقها إلى مياه المجاري.

جدول ٣-١

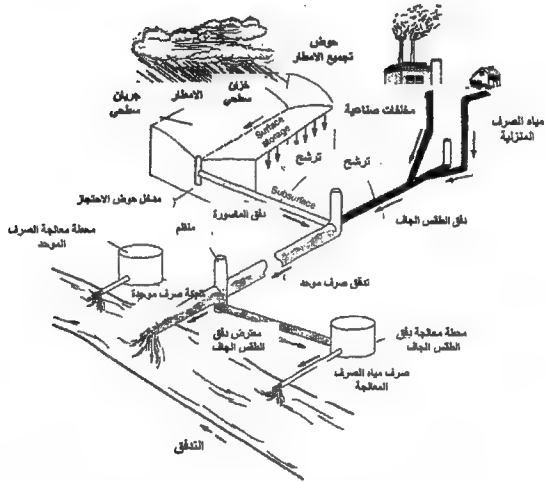
مكونات المواد البرازية والبولية التي ينتجها الإنسان

المكون	المواد البرازية	البول
الكمية لكل شخص في اليوم	١٠٠ - ٥٠٠ جرام	١,٠ - ٣,١ لتر
محتوي الرطوبة	٨٥-٧٠ %	٩٣ - ٩٦ %
المحتوي العضوي تقريباً نسبة مئوية للوزن الجاف	٩٧-٨٨ %	٨٥-٦٥ %
النيتروجين	٧,٠ ٥,٠ %	١٩ - ١٥ %
الفسفور	٤,٥ - ٣,٠ %	٥,٠ ٢,٥ %
البوتاسيوم	٢,٥ - ١,٠ %	٤,٥ - ٣,٠ %
الكربون	٥٥ - ٤٤ %	١٧ - ١١ %
الكالسيوم	٤,٥ %	٦,٠ - ٤,٥ %
نسبة الكربون للنيتروجين	١٠ - ٦	١
الأكسجين الحيوي المستهلك BOD	٢٥-١٥ جرام	١٠ جرام

٦-١. الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف

يرتكز تصميم وحدات معالجة مياه الصرف واختيار تكنولوجيا فعالة للمعالجة على فهم طبيعة هذه المياه فهذه المياه تنشأ من المياه المستخدمة في المنازل

والمؤسسات والمرافق الصناعية، ومن مياه الأمطار والمياه الجوفية والسطحية (الشكل التالي شكل ٩-١). ويتفاوت نفق مياه الصرف حسب مستوى استخدام المياه، الذي يتعلق بعوامل عدة، منها المناخ، وحجم المجتمع ومستوى المعيشة، ونوعية إمدادات المياه وكلفتها وممارسات الحفاظ عليها، ومستوى التصنيع، وضغط الإمداد.



شكل ٩-١ مصادر مياه الصرف

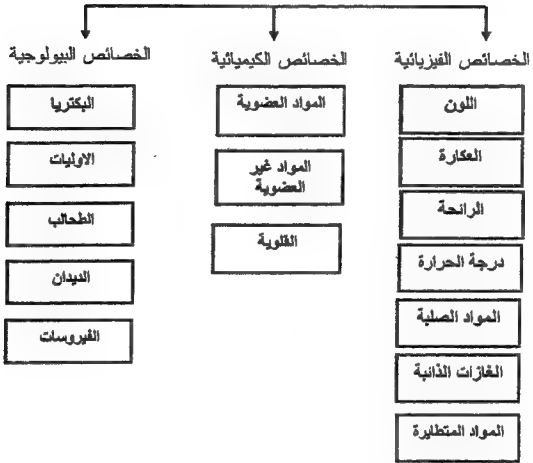
المصدر

.Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed.
New York, McGraw Hill; 2002

وتُحدّد نوعية مياه الصرف حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية . فالخصائص الفيزيائية تشمل اللون والرائحة والحرارة ودرجة العكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها الأجسام الصلبة والنفط والشحم، والأجسام الصلبة تصنّف إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة وأجزاء عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة. والخصائص الكيميائية المرتبطة بالمحتويات العضوية لمياه الصرف تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين، والطلب الكيميائي على الأكسجين، ومجموع الكربون العضوي، و الطلب الكلي على الأكسجين، أما الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة والعُسر والرقم الهيدروجيني والحموضة والقلوية، بالإضافة إلى المعادن المؤيئة، ومنها الحديد والمنجنيز، المواد الأنيونية، ومنها الكلور يدات والكبريت والنترات والكبريتيد والفوسفات.

والخصائص البكتيريولوجية تضمّ بكتيريا الكوليفورم و بكتيريا الكوليفورم الغائطية والعوامل الممرضة والفيروسات . وتتغيّر مكونات مياه الصرف ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية ، فمجموع الأجسام الصلبة النموذجي للمياه المنزلية غير المعالجة، مثلاً يتراوح بين ٣٥٠ و ١٢٠٠ ملليجرام/ليتر بينما يتراوح الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين بين ١١٠ و ٤٠٠ ملليجرام/ليتر. والشكل التالي لمخطط يبين كافة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية .

خصائص مياه الصرف الصحي



شكل ١-١ مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي

وسوف نتناول بالتفصيل هذه الخصائص خلال السطور القادمة نظرا لأهميتها في فهم عمليات المعالجة .

أولا الخصائص الفيزيائية لمياه الصرف

١- اللون

فمياه المجاري في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون رمادية اللون ، بها مواد برازية لذلك فاي تغير في هذا اللون الي لون اخر كلون أحمر أو أخضر أو

أزرق او لون اسود شديد السواد يدل علي ورود مياه صرف صناعي مصاحبة لمياه المجاري.

٢- العكارة

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودفقة حبيباتها. وغالبا تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه المخرج) كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدى احتوائها علي مواد عالقة .

٣- الرائحة

مياه المجاري الخام ذات رائحة خردلية خفيفة ولكنها ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة ، وتتلأثر رائحة مياه المجاري بالأكسجين الذائب في المياه ففي الظروف اللاهوائية تكتفص الأكسجين الذائب في مياه المجاري تبدأ البكتريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحلل المواد العضوية وتحولها الي أمونيا وغازات اخري، ويصبح الماء ذو رائحة كريهة جدا ويسمي ماء متعفنا متحلا ، وبعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه المجاري ويتصاعد هذا الغاز من التحلل اللاهوائي لمياه المجاري في حالة غياب الأكسجين.

وللتقليل من الروائح المنبعثة من بعض محطات الصرف الصحي تلجأ بعض المحطات لتركييب وحدات امتزاز للرائحة تتكون من الكربون المنشط لامتزاز الروائح من المياه قبل صرفها الا ان ذلك يعد مكلفا من الناحية الاقتصادية ، كما قد يستخدم الكلور لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الخام عند دخولها لمداخل المحطات .

٤- درجة الحرارة

درجة الحرارة لها تأثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية ، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك الي درجة حرارة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط .

وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الأسراع بنحل وتكسير المواد الصلبة ، وتزداد كمية الاجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه ، والتي بدورها تصبح أكثر عكارة في لونها .

بالاضافة الي ما سبق فإن الأكسجين أقل ذوبانا في المياه الدافئة عن المياه الباردة ولذلك فإنه عند ارتفاع درجة الحرارة المياه في اشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية مصاحبا لانخفاض في كمية الأكسجين المتواجدة في المياه السطحية مما قد يؤدي الي نفاذ حاد وأستنزاف لتركيز الأكسجين الذائب ، وقد تتزايد هذه التأثيرات الخطيرة عند زيادة كمية المياه الساخنة التي يتم صرفها علي المسطحات المائية ، مع ملاحظة أنه عند حدوث تغير مفاجيء لدرجة الحرارة قد ينتج ارتفاع معدل موت بعض الاحياء المائية ، كما ان الارتفاع الغير طبيعي لدرجة الحرارة قد يؤدي الي ازدياد نمو بعض النباتات المائية الغير مرغوب فيها ونمو بعض القطريات.

٥- المواد الصلبة

علميا تعرف المواد الصلبة للكلية في مياه الصرف علي انها كل المواد التي تبقى بعد التبخير عند درجة حرارة ١٠٣ - ١٠٥ مئوية . أما المواد التي لها ضغط بخاري مرتفع فانها سوف تفقد في عملية التبخير عند هذه الدرجة وبالتالي لا تعتبر مواد صلبة .

وتنقسم المواد الصلبة الكلية في مياه المجاري الي المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة القابلة للترسيب ،وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب علي انها المواد التي تترسب في قاع اثناء علي شكل مخروطي (يسمى قمع او مخروط امهوف) في خلال زمن قدره ٦٠ دقيقة وتقاس بالملييلتر لكل لتر وهي تقريبا مقياسا لكمية الحماية التي سوف تتفصل بالترسيب الإولي والتي تعرف بالحماة الأبتدائية .

ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية او المتبقية بعد التبخير الي مواد لا يمكن ترشيحها أو مواد يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال مرشح. ويحتوي الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة علي مواد رغوية ومواد صلبة ذائبة ، ويحتوي جزء المواد الرغوية علي جزيئات بحجم ٠,٠٠١ الي ١ ميكرومتر. اما المواد الصلبة الذائبة فتحتوي علي جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وايونات ذائبة في المياه. ويشكل علم لا يمكن فصل المواد الرغوية بالترسيب، لذلك يجب استعمال اما الاكسدة البيولوجية يتبعها مرحلة الترسيب لترويق المياه.

وتسمى المواد الصلبة التي تزال بالترسيب وتفصل عن مياه الشرب بالحماة (الرواسب الصلبة) حيث تصنع بعد ذلك الي احواض تجفيف او تصفي لازالة الماء منها .

٦- الغازات الذائبة

تتواجد في مياه المجاري علي بعض الغازات الذائبة ويتوقف ذلك هلي مدي قدم مياه الصرف الصحي ومدى نقائها ،ومن أمثلة هذه الغازات:-

أ- غاز الأوكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك علي قدم مياه الصرف.

ب- غاز ثاني أكسيد الكربون والناتج عن تحلل المواد العضوية وتنفس البكتريا

ج - غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية للكبريتية.

د- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النتروجينية كالبروتينات واليوربا بتأثير البكتريا
و- غاز النيتريت والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النيترة وعن عمليات اختزال للنترات .

ي- غاز النتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات عكس التآزت (عكس النيترة).

٧- المواد المتطايرة

تتواجد في مياه المجاري بعض المواد المتطايرة والتي في أغلبها مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي واللاهوائي لمياه المجاري خلال تنفّسها في شبكة المجاري أو خلال مرورها في وحدات المعالجة المختلفة ، ومن أمثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية المتطايرة مثل حمض الخليك وحمض الفورميك والغازات العضوية مثل الميثان والأمونيا وغاز كبريتيد الهيدروجين ،إن انسياب هذه المركبات في المجارى أو في محطات المعالجة قد تؤثر عكسيا على صحة العاملين بشبكات الصرف ومحطات المعالجة.

ونتمثل المواد العضوية المتطايرة الجزء العضوي الموجود في المياه الذي يتحلل تماما متحولا الي طاقة أو الي كائنات حية جديدة. وهذه المركبات لها نقطة غليان أقل من ١٠٠ درجة مئوية /أو ضغط بخار أقل من ١ مم زئبق عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية.

عندما توضع المواد العضوية العالقة التي تم تجفيفها في درجة ١٠٣ مئوية في فرن حرق درجة حرارته ٥٥٠ درجة مئوية ، فان جميع المواد العضوية تتطاير منها بالحرق ، وكمية المواد المتطايرة تحسب بالمليجرام في اللتر .
وغالبا تمثل المواد العضوية المتطايرة من ٧٠ الي ٨٠ % من وزن المواد العالقة الكلية ، وتصل الي ٦٠ % فقط في الحمأة الموجودة في احواض الهضم اللاهوائي (أحواض التخمير).

ثانيا الخصائص الكيميائية

تعد المواد الموجودة في مياه المجاري ذات طبيعة كيميائية لا تحتوي هذه المياه علي كثير من المركبات والمواد الكيميائية المختلفة وعموما تنقسم المواد الموجودة في مياه المجاري من حيث طبيعتها الكيميائية الي مواد عضوية ومواد غير عضوية.

١- المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد.

ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف المواد البروتينية والكاربوهيدراتية والدهون والزيوت بالإضافة الي كثير من الكائنات الدقيقة والتي هي في طبيعتها مواد عضوية.

و يمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل الي:-

- أ. مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا وهي المواد التي يمكن تكسيدها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة .
- ب. مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا وهي التي لا تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة ولكن قد تتحلل بفعل بعض الكيماويات المؤكسدة القوية.
- ج. مواد عضوية غير قابلة للتحلل اطلاقا.

وقد تحتوي مياه الصرف الصحي على كميات قليلة من جزيئات عضوية مخلفة وذلك في حالة صرف مياه المخلفات الصناعية على شبكة المجاري ، ويتباين التركيب الكيميائي هذه الجزيئات تباعا كبيرا مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والملوثات العضوية الرئيسية والمركبات العضوية المتطايرة والمبيدات الزراعية ، وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصحي لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجيا أو تتحلل ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من ٤٥ إلى ٧٥ ٪ من المواد الصلبة الموجودة في مياه المجاري ، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٢- المواد غير العضوية

وتمثل المواد الغير عضوية من ٢٥ إلى ٥٥ ٪ من المواد الصلبة الموجودة في مياه المجاري. وتشمل المواد الغير عضوية الموجودة في مياه المجاري حبيبات الرمل الدقيقة والأملاح المعدنية مثل أملاح الكلوريدات والصوديوم واليوتاسيوم والكاسيوم وكثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزنك والكاميوم والحديد والمنجنيز والنحاس .

وهناك بعض المواد الغير عضوية الذائبة في مياه الصرف مثل الأمونيا وأملاح السيانيد وأملاح الثيوسيانات وأملاح الثيوسلفات وغاز كبريتيد الهيدروجين.

٣- القلوية

تنتج القلوية من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم واليوتاسيوم والأمونيا ويعتبر أملاح الكالسيوم والماغنسيوم هما الأكثر انتشارا. ويمكن اعتبار البورات والسيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات متشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف على مواجهة التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن

تكون الأحماض داخل الهاضمات اللاهوائية. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف أهمية من حيث التأثير على المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الأكسدة الهوائية.

ثالثا الخصائص البيولوجية

يقصد بالخصائص البيولوجية بمحتوي مياه المجاري من الكائنات البيولوجية فبالإضافة الي المواد العضوية والمواد العالقة تحتوي مياه المجاري علي كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة ، والتي يوجد منها بالآلاف وربما بالملايين في كل ملليمتر من مياه المخلفات . الا ان غالبية هذه الكائنات غير ضار بل ان بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك في تثبيت المواد العضوية وأكسنتها وتحويلها الي مواد ثابتة غير عضوية .

والبعض الآخر من هذه الكائنات الدقيقة يسبب أمراضا أو ضرر للبيئة المحيطة وقد يخل بالتوازن البيئي اذا تراكم بدرجة معينة وتتقسم هذه الكائنات الدقيقة المجهرية الي كثير من الأنواع وأهمها الاتي :-

١- البكتريا

تعد البكتريا من أهم الكائنات الدقيقة علي الإطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية . ولهذا فان دراستها بالتفصيل تعد من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية .

وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية تتواجد بالآلاف الأنواع في الطبيعة في الماء والهواء والتربة يتكاثر معظم أنواعها بالانقسام الثنائي ، وبالرغم من ذلك هناك أنواع من البكتريا تتكاثر بالتكاثر الجنسي لو بالتفرع ، ويندرج معظمها تحت ثلاث أنواع رئيسية تبعا لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية الشكل) والحلزونية (اللولبية) ، وحجم البكتريا عموما يتراوح من ٠,١ الي ١٠ ميكرون ، وتختلف البكتريا في الحجم من نوع لآخر ، فمثلا للبكتريا الكروية الشكل يتراوح

قطرها من ٠,٥ ميكرون الي ١ ميكرون ويتراوح عرضها من ٠,٥ ميكرون الي ١ ميكرون ، اما البكتريا الأسطوانية فيتراوح طولها من ١,٥ميكرون الي ٣ ميكرون وعرضها من ٠,٥ ميكرون الي ٥,٠ ميكرون ، بينما يبلغ طول البكتريا الحلزونية من ٦,٠ ال ١٥ ميكرون (الميكروميتر هو ١/١٠٠٠٠٠٠ من المتر) ($\mu m = 1/1000000 \text{ meter}$)

وتعد البكتريا من اكثر الكائنات الممرضة في مياه الصرف وذلك لان اعدادها في السنتمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وأنواعها بالالاف ، والبكتريا (سواء كانت هوائية او لاهوائية او متحولة) لها دور هام واساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي .

٢- البروتوزوا والروتيفيرا

البروتوزوا (الأوليات) كائنات اولية ميكروسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية اي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ، علي الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية. والبروتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا اذ يتراوح حجمها بين ١٠ الي ١٠٠ ميكرون وقد تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها ، وفي الواقع فان البروتوزوا تعمل كملع ومروق للمياه الخارجة من محطات التنقية حيث تستهلك وتلتهم البكتريا السابحة وجزينات المواد العضوية الدقيقة .

ومعظمها يتكاثر بالانقسام الثنائي البسيط وهي لا يمكنها تمثيل كل عوامل النمو اللازمة لها لذلك فهي تعتمد علي البكتريا في امدادها بمعظم عناصر نموها .

وتوجد الأوليات عموما في عمليات الحماة المنشطة ، والمرشحات البيولوجية ، وبحيرات الأكسدة وتوجد اربعة أنواع رئيسية من البروتوزوا وهي كالآتي

Stalked Ciliates - Free swimming Ciliates - Mastigophora
- Sarcodina

Sarcodina نوع من الطفيليات عبارة عن تركيب اميني خلوي يتحرك بالاقدام الكاذبة ، اما Ciliates فهي كائنات متحركة عن طريق الاسواط كما تحتوي علي أهداب وهي شعيرات صغيرة حساسة تجمع بينها الغذاء وهذه الاهداب تجعلها تتحرك بحركة حرة او بطريقة بسيطة تشبه نقل الخطي بحذر .

ومن اشهر أنواع البرتوزوا (الاوليات) الهدبية المنتشرة في مياه الصرف

الصحي الأنواع الآتية :-

Aspidisca costata, *Carchesium polypinum*, *Chilodonella uncinata*, *Opercularia coarcta* and *O. microdiscum*, *Trachelophyllum pusillum*, *Vorticella convallaria* and *V. microstoma*.

أما الروتيفيرا فتتبع المملكة الحيوانية وهي كائنات دقيقة غير ذاتية التغذية هوائية ومتعددة الخلايا وأسمها قد اشتق لوجود مجموعتين من الاهداب في رأسها ولهذا يمكن تسميتها الهدبيات وهذه الاهداب حرة الحركة و تكور حول نفسها مما يعطيها القدرة علي التحرك واصطياد الغذاء .

والروتيفيرا مستهلك جيد للبكتريا المنتشرة في المياه والمخلوط السائل بأحواض التهوية وايضا مستهلك جيد للبكتريا التي كونت الندف وتتغذي ايضا علي جزيئات المواد العضوية الدقيقة.

ووجود الروتيفيرا في المياه الخارجة من المعالجة دليل جيد علي معالجة بيولوجية ممتازة وخاصة المعالجة الهوائية.

وعموما البروتوزوا والروتيفيرا تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا الحرة السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية التنقية وتخفيض عدد البكتريا الممرضة .

أهمية ودور البرتوزوا والروتيفيرا في عملية المعالجة البيولوجية وتأثيرها علي خصائص وجودة المياه الخارجة تتضح من خلال الجدول التالي

جدول ٤-١

جودة المياه الخارجة في وجود أو غياب اليرتوزوا والروتيفيرا

وجود الهدييات Ciliates Present	غياب الهدييات Ciliates Absence	جودة المياه الخارجة Effluent Quality
١٤٧-١٢٤	٢٥٤-١٩٨	الأكسجين الكيميائي المستهلك COD mg / l
١٠-٧	٢٠-١٤	النيتروجين العضوي Organic Nitrogen mg / l
٣٤-٢٦	١١٨-٨٦	المواد العالقة Suspended Solids mg / l
١٢-٩	٤٢ - ٢٩	البكتيريا 10 ⁶ Bacteria

نلاحظ من الجدول ان وجود الهدييات قد زاد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي أصبحت المياه أكثر نقاء وزادت جودة المياه الخارجة وذلك من خلال النتائج التالية :-

وجود الهدييات عمل علي تخفيض الأكسجين الكيميائي المستهلك في المياه الخارجة بنسبة ٤٤ % .

وعلي تخفيض النيتروجين العضوي في المياه الخارجة بنسبة ٥٠ %.

وعلي تخفيض المواد العالقة في المياه الخارجة بنسبة ٧٠ %.

وعلي تخفيض البكتيريا في المياه الخارجة بنسبة ٧١ %.

٣-الطحالب

الطحالب كائنات أما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد علي غذائها علي ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي ، وللطحالب دور هام في المعالجة البيولوجية وذلك لسببين وهما :

أولاً في بحيرات الأكسدة بانتاجها الأكسجين من خلال عملية البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار ، وعملية انتاج الأكسجين هذه هامة جدا للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث احداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة للمائية ، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة.

ومن هنا يوجد علاقة تعاونية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود في داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الاخرى .

ثانياً تأتي أهمية الطحالب في عمليات المعالجة البيولوجية من حيث خطورة تراكم الطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها الي المسطحات المائية كالانهار والبحيرات مسببة بعض المشاكل البيولوجية ، فموا الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت الطحالب للأرض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

ومن أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه هو وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين، ولهذا ينصح العلماء بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما .

٤- الديدان

توجد في مياه المجاري كائنات تسمى الكائنات ذات الاشكال الارقي في الحياه ، وتتميز هذه الكائنات بانها أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة . ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات بالعين المجردة ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات ، وتتميز بقدرتها علي تمثيل

الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة الي مركبات معقدة مترابكة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها او تكسيدها ، كما ان دورة حياتها معقدة .

وتعيش الديدان جيدا في وفرة الأكسجين الذائب وزيادته وتوافر الغذاء البكتيري وتتواجد باعداد وكميات كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والاقراص البيولوجية الدوارة. وحركة الديدان داخل مياه الصرف تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما انها تقوم بحصد وتجميع اعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها ، وتقوم بتدوير المواد المغذية (النتروجين والفسفور).

٥- الفيروسات

الفيروسات ابسط وأصغر الكائنات الدقيقة ، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ الي ٠,٣ ميكرون ، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين . وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية ، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من اشهرها امراض الجدري ، التهاب الكبدى الوبائي ، شلل الاطفال والايديز بالاضافة الي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي . والحقيقة انه بالنظر الي لعدم قدرة الفيروسات علي الحياه خارج الخلية الحية بالاضافة علي قدرتها علي التبلر ، فانه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية.

ويستلزم للتعرف وروية الفيروسات اجهزة دقيقة جدا من أهمها الميكروسكوب الالكتروني، كما ان عمليات احصاؤها تستلزم تقنيات خاصة .

وتحتوي مياه المجاري الخام علي اعداد وأنواع هائلة من الفيروسات كما انها توجد كذلك في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والزراعي . والجدير بالذكر ان حجمها الدقيق جدا يحول دون ازالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، الا أنه

أولاً في بحيرات الأكسدة بانتاجها الأكسجين من خلال عملية البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار ، وعملية انتاج الأكسجين هذه هامة جدا للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث احداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة المائية ، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة.

ومن هنا يوجد علاقة تعاونية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود في داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الاخرى .

ثانياً تأتي أهمية الطحالب في عمليات للمعالجة البيولوجية من حيث خطورة تراكم الطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها الي المسطحات المائية كالانهار والبحيرات مسببة بعض المشاكل البيولوجية ، فنمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت الطحالب للأرض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

ومن أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه هو وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين، ولهذا ينصح العلماء بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما .

٤- الديدان

توجد في مياه المجاري كائنات تسمى الكائنات ذات الاشكال الارقي في الحياه ، وتتميز هذه الكائنات بانها أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة . ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات بالعين المجردة ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات ، وتتميز بقدرتها علي تمثيل

الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة الي مركبات معقدة مترابطة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها او تكسيرها ، كما ان دورة حياتها معقدة .

وتعيش الديدان جيدا في وفرة الأكسجين الذائب وزيادته وتوافر الغذاء البكتيري وتتواجد باعداد وكميات كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والاقرص البيولوجية الدوارة. وحركة الديدان داخل مياه الصرف تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما انها تقوم بحصد وتجميع اعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها ، وتقوم بتكوين المواد المغذية (النتروجين والفسفور).

٥- الفيروسات

الفيروسات ابسط وأصغر الكائنات الدقيقة ، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ الي ٠,٣ ميكرون ، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين . وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية ، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من أشهرها امراض الجدري ، التهاب الكبدى الوبائي ، شلل الأطفال والايذز بالإضافة الي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي . والحقيقة انه بالنظر الي لعدم قدرة الفيروسات علي الحياه خارج الخلية الحية بالإضافة علي قدرتها علي التبلر ، فانه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية. ويستلزم للتعرف ورؤية الفيروسات اجهزة دقيقة جدا من أهمها الميكروسكوب الالكتروني، كما ان عمليات احصاؤها تستلزم تقنيات خاصة .

وتحتوي مياه المجاري الخام علي اعداد وأنواع هائلة من الفيروسات كما انها توجد كذلك في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والزراعي . والجدير بالذكر ان حجمها الدقيق جدا يحول دون ازالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، الا أنه

تضمّ مركبات عضوية وغير عضوية، وقد تكون سمية وسرطانية و مؤلدة للتغيرات الوراثية أو التشوهات الخلقية.	الملوثات ذات الأولوية
تقاوم طرائق المعالجة التقليدية للمياه العادمة، وتضمّ العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية. وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج الي معالجة كيميائية وفيزيائية لازالتها، حيث انها تقاوم طرق المعالجة التقليدية ، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة . وقد تشمل تلك المواد بعض انواع المنظفات الصناعية والتي هي مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وفي المياه السطحية التي تصرف عليها.	المواد العضوية الشديدة المقاومة
تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية . وهي تسبب سمية شديدة وتلوثا كبيرا وذلك في حالة اعادة استخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها ، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة . ويجب إزالتها من مياه الصرف قبل إعادة استخدامها.	المعادن الثقيلة
تضمّ الكالسيوم والصوديوم والكريتات، وتضاف غالبا إلى المياه المعدة للاستخدام المنزلي ويجب إزالتها لإعادة استخدام مياه الصرف.	المكونات المذابة غير العضوية
وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة . من أهمها النتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالانهار والبحيرات تؤدي الي نمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الاكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثا للمياه الجوفية .	المغذيات (مواد الأثراء الغذائي) Nutrients
المصدر Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill 2002,	

ونظرا لطبيعة كل ملوث من الملوث السابقة إذ أن كل ملوث له ما يميزه من الصفات والخصائص الفيزيائية والكيميائية ولهذا فإن طرق إزالته أو التخلص منه تختلف من ملوث لآخر وقد تتشابه طرق التخلص لأكثر من ملوث وقد تتفرد ملوثات معينة بطرق خاصة وذلك لطبيعتها . وعموما فإن طرق التخلص هي نفسها

انظمة المعالجة اذ ان المعالجة تهدف اساس الي التخلص من الملوثات لهذا ستري ان طرق التخلص للملوثات اما ان تكون طرق فيزيائية أو كيميائية او بيولوجية .
ويبين الجدول التالي طرق وعمليات المعالجة المختلفة المناسبة لكل عنصر من عناصر الملوثات بمياه الصرف.

جدول رقم ٧-١

عمليات المعالجة المختلفة للملوثات

طرق وانظمة المعالجة Unit Operation, Unit Process, or Treatment Systems	عنصر التلوث Contaminate
<p>التصفية والتجميع Grit and Sand Removal Sedimentation الترسيب Filtration الطفو Floatation Sedimentation / اضافة المواد المروية ثم الترسيب / Addition of Coagulants</p>	<p>المواد العالقة Suspended Solids</p>
<p>الحماة المنشطة Activated Sludge Rotating Biological الاقراص البيولوجية الدوارة Contractors أحواض التهوية (البحيرات المهواة) Aerated lagoons Intermittent Sand Filters المرشحات الرملية المتقطعة Chemical and Physical العلاجات الكيميائية والفيزيائية Systems</p>	<p>المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا Biodegradable Organics</p>
<p>Air Stripping ضخ وتخطيط بالهواء Off gas Treatment المعالجة بطرد وصرف الغازات Carbon Adsorption الامتصاص الكربوني</p>	<p>المواد العضوية المتطايرة Volatile Organics</p>

<p>Chlorination الكلورة Ozonation التطهير بالأوزون Hypochloration التطهير بالهيبوكلوريت Bromine chloride التطهير بالبروميد U.V Radiation التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Gamma radiation التطهير باستخدام أشعة جاما</p>	<p>الكائنات المسببة للأمراض Pathogens</p>
<p>Lime Coagulation and Sedimentation المعالجة بالصودا ثم الترسيب Metal Salt Addition إضافة الأملاح المعدنية Natural Systems الأنظمة الطبيعية Biological and Chemical المعالجة البيولوجية والكيميائية Treatment Biological المعالجة البيولوجية لإزالة النتروجين والفسفور N2 and P Removal</p>	<p>المغذيات Nutrients</p>
<p>Carbon Adsorption الامتصاص الكربوني Ozonation Treatment المعالجة بالأوزون Natural systems الأنظمة الطبيعية</p>	<p>المواد العضوية التخلفية Refractory Organics</p>
<p>Chemical precipitation الترسيب الكيميائي Ion Exchange التبادل الأيوني Filtration الترشيح</p>	<p>Heavy Metals العناصر الثقيلة</p>
<p>Ion Exchange التبادل الأيوني Reverse Osmosis التناضح العكسي</p>	<p>المواد العضوية الذائبة Dissolved Organic Solids</p>
<p>المصدر Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill 2002,</p>	

٨-١. خيارات التخلص من مياه الصرف الصحي

تعد طرق التخلص من كل مخلفات الإنسان، سواء كانت ناتجة من استخدام منزلي في الغسل والتنظيف، أو من استخدام شخصي مثل الاستحمام وصرف الفضلات البشرية. وكما تحتوي مياه الصرف الصحي على فضلات الإنسان ومخلفاته، فهي

تحتوي كذلك على نسبة كبيرة من الكيماويات السامة، التي يستخدمها الإنسان في الغسل والنظافة والتخلص من الحشرات. وتحتوي مياه الصرف الصحي، كذلك، على نسبة عالية من الأملاح، فيول الإنسان مثلاً يحتوي على نسبة عالية من البوريا والأملاح الضارة بالجسم، التي يتخلص منها بطرحها إلى الخارج. كذا يحتوي البول، في بعض الأحيان، على بويضات لبعض الطفيليات، مثل البلهارسيا، وبعض أنواع الميكروبات. أما الغائط، ففضلاً عن احتوائه على مخلفات الطعام والمواد الصلبة، التي لا يستطيع الجسم هضمها، فإنه يحتوي على البكتيريا والفيروسات المعوية، ومنها: فيروس شلل الأطفال، بالإضافة إلى بيض وأطوار كثير من الطفيليات.

ويتخلص الإنسان من مياه الصرف الصحي، بوسيل عدة، منها: صرفها في المسطحات المائية، مثل: البحر والمحيطات، أو صرفها في الصحاري والأراضي غير المسكونة.

إلا أن التخلص من مياه الصرف الصحي، التي لم تعالج بشكل سليم، يؤدي، في كثير من الأحيان، إلى عودة الملوثات إلى الإنسان، مع مياه الشرب، الأمر الذي يؤدي إلى انتشار الأوبئة والأمراض المختلفة.

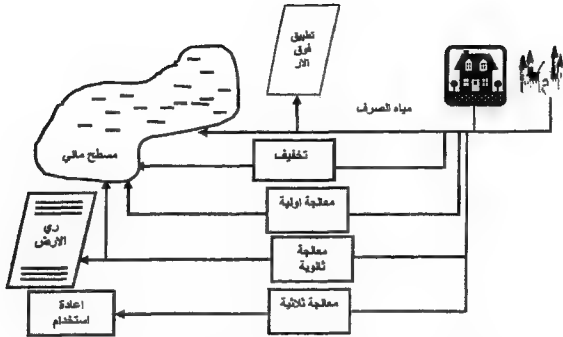
فبالنسبة إلى الصرف في المجاري والمسطحات المائية، فإن وصول كميات كبيرة، من المواد العضوية المنصرفة في مياه الصرف الصحي، إلى مياه الأنهار، يؤدي إلى تنشيط البكتيريا المحللة، وازدياد أعدادها، فاستهلاكها، استطراداً، لكميات كبيرة من الأوكسجين، المذاب في الماء. ويؤدي استهلاك الأوكسجين، إلى ازدهار أنواع أخرى من البكتيريا اللاهوائية، التي يمكنها تحليل المواد العضوية، في غياب الأوكسجين، منتجة غازات عظنة، مثل كبريتيد الهيدروجين السام للأحياء المائية، التي تعيش في الأنهار.

إلا أنه ومع تقدم التقنية العلمية واكتمال بناء محطات المعالجة قلت نسبة التلوث، الناتج من الصرف الصحي عما كانت عليه في السبعينيات.

أما بالنسبة إلى التخلص من مياه الصرف الصحي، في الصحاري، والمناطق غير المسكونة، فإن ذلك يؤدي إلى تلوث الهواء، خصوصاً في المناطق المجاورة. كما قد تتسرب مياه الصرف الصحي في المخزون الجوفي، فتلوث المياه الجوفية. وقد تحمل الرياح بعض الجراثيم، الموجودة في مياه الصرف إلى المناطق السكنية المجاورة فتعمل على انتشار العدوى والأوبئة.

وعموماً يعتمد التخلص من مياه الصرف على نوعيتها وعلى مجال استخدام المياه المعالجة فيما بعد وعلى طبيعة المصادر المستقبلية لهذه المياه، والخيارات التالية هي الخيارات المختلفة الشائعة للتخلص من مياه الصرف:

- ١- أن تصرف مباشرة إلى أقرب مجري مائي بدون تخفيف .
 - ٢- أن تصرف مباشرة إلى أقرب مجري مائي بعد تخفيفها بآية مياه أخرى .
 - ٣- أن تصرف مباشرة إلى أقرب مسطح أرضي بدون تخفيف .
 - ٤- أن يجري عليها معالجة أولية أو ابتدائية لتصبح مواصفاتها ضمن الحدود التي تسمح بصرفها مباشرة إلى المسطحات المائية .
 - ٥- أن يجري عليها معالجة ثانوية لتصبح مواصفاتها ضمن الحدود التي تسمح بإعادة استخدامها في الري أو الزراعة.
 - ٦- أن يجري عليها معالجة ثلاثية متقدمة ليتمكن استخدامها بدرجة أكبر في العمليات الصناعية أو شحن للمياه الجوفية أو في حمامات السباحة أو مزارع الأسماك أو كمصدر للشرب.
- والشكل التالي يمثل مخططاً لخيارات التخلص من مياه الصرف والتي من ضمنها خيار المعالجة.



شكل ١١-١ خيارات التخلص من مياه الصرف الصحي

١-٨-١. الآثار البيئية لصرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة

يؤدي إطلاق مياه صرف غير معالجة أو غير مطابقة للاشتراطات البيئية إلى أحد التأثيرات السلبية التالية:

- ☐ تدهور مصادر المياه الجوفية في حالة التخلص من مياه الصرف بالحقن تحت التربة أو الصرف على الأرض.
- ☐ تدهور نوعية المياه المستقبلية في حالة التخلص من مياه الصرف في المصارف الزراعية أو القنوات.
- ☐ يمكن أن يؤدي وجود مواد مسببة للتآكل في مياه الصرف إلى تآكل أنظمة التجميع المتصلة بالشبكة العمومية.
- ☐ يؤثر علي الاتزان البيولوجي والكيميائي لكثير من المسطحات المائية المستقبلية
- ☐ تحول المكان المستقبل للصرف الغير معالج الي مصدر للابئة

والامراض سواء كانت ارض زراعية او مسطح مائي عذب أو مالح وذلك لاحتواء الصرف الغير معالج لكثير من الممرضات .

خطورة صرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة على المسطحات المائية

منذ مئات السنين استخدمت المسطحات المائية لاستقبال المخلفات السائلة ، مما جعلها وبيلة لتجميع المخلفات السائلة والملوثات الاخرى ، ونقلها من مكان لآخر ، مما ادي الي تلوث معظم هذه المسطحات المائية وفقدت صفاتها ونقاها . وزيادة تلوث المسطحات المائية يزيد بدوره من تكاليف تنقية ومعالجة هذه المسطحات وخاصة عند استخدامها في مياه الشرب والاستعمالات المنزلية .

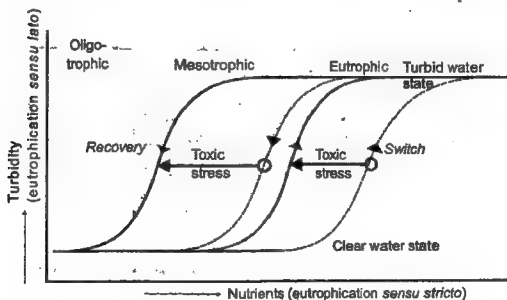
ومياه الصرف الصحي الغير معالجة تحتوي علي كميات عالية من الامونيا والنترات بالاضافة الي العديد من الكائنات الممرضة والتي تصل بسهولة عند صرفها الي المسطحات المائية المختلفة مما يؤثر علي الاتزان البيولوجي والكيميائي لكثير من المسطحات المائية وخاصة المسطحات العذبة كالانهار والبحيرات العذبة والبحار المغلقة وذلك لان هذه المسطحات ليست كبيرة الحجم كالبحار والمحيطات وبالتالي فان استيعابها للمخلفات السائلة وعمل تخفيف لها داخل مياه هذه المسطحات يتم بدرجة محدودة كما ان المسطحات المائية العذبة اكثر حساسية تجاه كثير من المركبات الضارة والتي يمكن ان تتواجد في المخلفات السائلة ، ومن ثم فان صرف المخلفات الصرف الصحي من دون معالجة يسبب كثير من المشاكل البيئية والتي من أهمها المشاكل التالية :-

- التحلل الذاتي للمسطحات المائية
- استفاد ونضوب الأكسجين الذائب
- السمية (الآثار السامة).
- تأثير الامونيا علي كفاءة التطهير بالكlor
- أنتشار الامراض المنقولة بالماء
- التحلل الذاتي للمجاري المائية

من المعروف ان مياه المجاري غنية جدا بالمواد العضوية بالإضافة الي النيتروجين والفسفور مما يؤدي الي زيادة عمليات التمثيل الغذائي للطحالب ، كما تنشط البكتيريا بأنواعها المختلفة وتزيد من النشاط وتحلل البيولوجي مما يؤدي الي استنزاف الأكسجين ويترتب علي ذلك قتل اعداد كبيرة من الاسماك والاحياء المائية وبذلك تتعفن المياه لزيادة نشاط الكائنات اللاهوائية وتصبح غير صالحة للحياه

وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة التشبع الغذائي Eutrophication

والشكل التالي يبين العلاقة بين حدوث التشبع الغذائي وزيادة المغذيات في المياه حيث يتضح انه بزيادة تركيزات المغذيات كالنيتروجين والفسفور في الماء يزداد عكارة الماء نتيجة لزيادة طبقات الرواسب وبزيادة العكارة يقل أو ينعدم ضوء الشمس مما يؤدي الي موت الطحالب وتحلل ويزداد استنزاف الاكسجين الذائب أكثر وأكثر الي ان يحدث تحول البحيرة الي مستنقع يزداد فيه النشاط اللاهوائي فقط .



شكل ١٢-١ العلاقة بين حدوث التشبع الغذائي وزيادة المغذيات
المصدر (adapted from Scheffer et al. 1993)

وتتكرر هذه الظاهرة في كثير من المجاري المائية التي تزداد فيها نسبة المواد الغذائية بشكل كبير ، وتظهر بصفة خاصة في البحيرات المغلقة (لعدم تجديد المياه داخلها) ويقال عندئذ ان البحيرات قد تقدمت بها السن ، الي ان ينتهي بها الامر الي ان تتحول الي مستنقعات تتشابه فيها البقايا النباتية وتصبح فيها الملاحظة وتصبح غير صالحة لاي نوع من الاستخدام وخاصة اذا كانت تحتوي علي نمية كبيرة من الاملاح الذائبة .

وتبدأ ظاهرة التشبع للغذائي Butrophication من خلال ثلاث مراحل :

أولا تتكون طبقة بسيطة من الطحالب ثم تبدأ في النمو والتضخم.

ثانيا تزيد طبقة الرواسب الفوسفاتية.

ثالثا تموت الطحالب الموجودة في القاع (لبعدها عن مصادر الضوء والشمس) مما يؤدي لعدم تعويض الاكسجين لغياب الطحالب وتستهلك البكتريا البقية الباقية من الاكسجين الذائب وبالتالي تموت الاسماك والاحياء المائية .

• استنفاد ونضوب الأوكسجين الذائب

وجود الامونيا في المياه يعمل علي استنفاد الأوكسجين الذائب فمليجرام من الامونيا يجهد ٤,٦ مليجرام من الأوكسجين الذائب ،والأوكسجين الذائب المستهلك بواسطة بكتريا النيترة nitrifiers يسمى الأوكسجين النيتروجيني المستهلك ونضوب الأوكسجين له اثر ضار جدا علي الاحياء المائية التي تعتمد عليه في تنفسها

• السمية (الاثار السامة)

تتعلق درجة سمية مياه الصرف الصحي الخاضعة لعملية الكلورة بتركيز الامونيا في هذه المياه قبل إخضاعها للتطهير بالكلور الفعال، حيث يشكل الكلور مع الامونيا المتواجد عادة في مياه الصّيف الصحي اتحادات الكلور أمين. تعتبر

اتحادات الكلور أمين مفاعلات تطهير سيئة نسبياً، فحتى نتمكن من الحصول على فعالية تطهير للكور أمينات مشابهة لفعالية تطهير الكلور الفعال لابد من زيادة كلاً من جرعة الكلور الأولية وفترة التماس لهذه الاتحادات مع المياه، إضافة إلى أن تواجد الأمونيا في مياه الصرف الصحي يخفض بشكل كبير جداً من إمكانية توليد HOCl ضمن قيم pH للشائعة لمياه الصرف الصحي، كما أن للكلور أمينات مركبات قاتلة للأسماك حتى في حالات للقيم المنخفضة جداً لتركيزها المتبقية في المياه.

والامونيا غير المتأينة سامة للأسماك ، والامونيا في وسط متعادل للاس الهيدروجيني تكون في صورة امونيوم بينما يزداد تركيز الامونيا عند اس هيدروجيني اكبر من 9.0 .

* تأثير الامونيا علي كفاءة التطهير بالكلور

يتحد الكلور مع الأمونيا المتواجد عادة في مياه الصرف الصحي مكونا مركبات الكلور أمين وتعتبر الكلور أمين مفاعلات تطهير سيئة نسبياً ، والكلور ميزات لها تأثير ضعيف علي قتل وإبادة الجراثيم اقل من تأثير الكلور المتبقي الحر في المياه .

ومن ثم فصرف مياه تحتوي علي تركيزات عالية من الامونيا يعمل علي زيادة استهلاك الكلور اللازم للتطهير فوجود الامونيا يعمل علي انخفاض كفاءة التطهير بالكلور عند استخدام مياه المسطحات المائية كمصدر من مصادر مياه الشرب التي يلزم تطهيرها قبل استعمالها .

* أنتشار الامراض المنقطة بالماء

تحتوي مياه الصرف الغير معالجة علي كثير من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات الضارة والتي يكون مصدرها غالبا الفضلات البشرية الصلبة (البراز) للمرضي وايضا يعد صرف مخلفات المستشفيات والمراكز العلاجية لمياه صرفها دون تعقيم أو تطهير من أهم مصادر وصول الكائنات

المرضة لمياه الصرف الصحي . وقد تجد هذه الكائنات عند وصولها للمساحات المائية بيئة مناسبة لتكاثرها وانتشارها مما قد يزيد من خطورة انتشار الامراض من طريق الماء الملوث بهذه الممرضات وبالتالي يزيد من تكاليف تطهير المياه في حال التفكير باستخدامها كمصادر من مصادر مياه الشرب .

تلحق الأمراض المتعلقة بالماء ضررا فظيعا بصحة الإنسان، وهذه الأمراض أنواع كثيرة، ولكنها جميعا لها علاقة مباشرة بالحاجة إلى مياه نظيفة. وينشأ العديد من تلك الأمراض ببساطة بسبب عدم توفر مياه للشرب أو استعمال مياه ملوثة مثل مياه الانهار الملوثة بمخلفات المجاري .

وثمة خمسة أنواع من الأمراض المعدية المتعلقة بالماء.

• التي يحملها الماء

• والتي يجرفها الماء

• والتي تعيش في الماء

• والتي تنقلها الحشرات المتعلقة بالماء

• والأمراض الناجمة عن خلل في الصحة العامة الوقائية.

خطورة صرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة على البحار والمحيطات

ينتشر هذا الأسلوب في صرف مياه المجاري في المدن الساحلية والتي لها منفذ بحري ، وذلك على أساس ان البحار المفتوحة والمحيطات اجسام مائية كبيرة تقوم بعمل تخفيف مناسب للملوثات والشوائب والبكتريا الموجودة في المخلفات ، كما ان للمساحات المائية الكبيرة القدرة على التنقية الذاتية واستيعاب كميات مناسبة من الملوثات .

المحيطات المفتوحة يساعد المد والجزر والتيارات البحرية فيها على تخفيف وهضم المخلفات ، اما البحار شبه المقفلة مثل حوض البحر الابيض المتوسط الذي يمتزج ماؤه ببطء مع المحيط الاطلنطي فقدترته على استيعاب المخلفات محدودة .

واصبح البحر المتوسط نتيجة لصرف اكثر من ١٢٠ مدينة مطلة عليه مخلفاتها والتي تتنوع من مخلفات صرف صحي او مخلفات صناعية شديدة التلوث بحيرة ملوثة ، وباعت جميع المحاولات بالفشل لجعله نظيفا وخاليا من التلوث ، وقدرت الامم المتحدة الي احتياج البحر المتوسط الي ٨٠ عاما وذلك لتجديد مياهه من مياه الاطلنطي حيث ان ملوحة المحيط اقل من ملوحة البحر المتوسط ، وغالبا تقوم كثير من الدول بصرف مخلفاتها السائلة في البحر بدون معالجة او بعد معالجة ابتدائية او اولية ، مما ينعكس بصورة كبيرة علي الاحياء المائية الموجودة في البحر وخاصة الأسماك والكائنات البحرية .

وهذه الحقائق جعلت الدول المتقدمة والمتحضرة تغلق المصبات البحرية للمدن الساحلية واعادة استخدام مياه الصرف المعالجة للاستفادة منها ولحماية السواحل والشواطئ .

اثر صرف مياه الصرف على البحار

- ١- تدمير الثروة السمكية عن طريق اطلاق مواقع تكاثر الأسماك .
- ب- اهلاك الشعاب المرجانية الخلابة وموت كثير من الكائنات البحرية التي تتخذها موالي لها
- ج- انتشار الأمراض نتيجة للتلوث الشديد.
- د- تركز المواد السامة والمعادن الثقيلة في اجسام الكائنات البحرية وخاصة الأسماك
- هـ- زيادة كمية الاعشاب البحرية والمواد العالقة والعكارة.
- و- الاخلال بالتوازن البيئي داخل البحار مما يؤدي الي انقراض كثير من الأنواع البحرية ولزيادة انواع اخري ضارة .

وبالنظر إلى ما سبق فإن اتباع نظام صرف يتسم بالتخطيط، التصميم، التشغيل، والرصد الملائم سيؤدي بالتأكيد إلى حماية البيئة بما في ذلك الموارد المائية، والصحة العامة. ويؤدي هذا إلى آثار اجتماعية واقتصادية إيجابية.

٩-١. طرق وعمليات معالجة مياه الصرف

عمليات معالجة مياه الصرف

مما سبق يتضح ان الهدف الأساسي لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي هو القضاء على أكبر نسبة ممكنة من ملوثات المياه وذلك عن طريق إزالة أقصى كمية ممكنة من المواد العضوية وغير العضوية والكائنات الممرضة بحيث يؤدي أسلوب التخلص النهائي من هذه المياه إلى عدم المعاس بالهدف المرجو من المعالجة ودون الاضرار بالبيئة بأي صورة من الصور ، وايضا اضيف اخيرا إمكانية الاستفادة القصوي من المياه المعالجة كمورد هام من موارد المياه الغير تقليدية في ظل الظروف العالمية لندرة المياه الصالحة للاستخدام الاممي.

ان خطوات المعالجة المستخدمة تحاكي الخطوات الطبيعية الموجودة في الطبيعة في كيفية معالجة هذه المخلفات درجة المعالجة المطلوبة تختلف من مكان لآخر طبقا للعوامل الأتية :-

- * طبيعة وكمية مياه الصرف الصحي.
- * الهدف النهائي المطلوب من عملية المعالجة.
- * قدرة الموقع النهائي ومدى استيعابه (في حالة الري وللزراعة) او النثر السطحي على الأرض (قدرة الأرض على استيعاب المخلفات).
- * وفي حالة الخلط قدرة المياه المستقبلية على استيعاب المياه القادمة و قدرتها على التنقية الذاتية كما في حالة الانهار والمسطحات المائية المختلفة.
- بعد تحديد أهداف المعالجة وتنظيم كافة الأسس والقواعد المنظمة والمحددة للمعالجة مثل الظروف البيئية والسكانية والأنشطة الصناعية والمدنية ، وكذلك تحليل

مكونات مياه المجاري الخام المراد معالجتها وتحديد مجال استعمال وأستخدام المياه التي تم معالجتها ، فانه في هذه الحالة يمكن تصميم وتحديد طرق المعالجة المطلوبة ، ووضع الطرق البديلة المتاحة ايضا لمراعاة كافة الظروف والمتغيرات التي يمكن ان تحدث خلال الانشأآت.

وعموما فان معظم الملوثات الموجودة في المخلفات السائلة يمكن ازلتها والتخلص منها بالطرق الفيزيائية أو، البيولوجية أو الكيمائية.

وتصنف تبعاً لوظائف كل طريقة الي الاتي :-

عمليات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

عمليات المعالجة البيولوجية Biological Treatment Processes

عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

ويتم اختيار طريقة المعالجة تبعاً لظروف كل مشروع وحسب الحاجة والغرض المنشأ من اجلها وحدات المعالجة ، فيمكن ان تقتصر علي المعالجة الفيزيائية او البيولوجية ، كما يمكن دمج اكثر من طريقة للمعالجة وهذا هو الشائع اذا لا يخلو اي مشروع من وحدات فيزيائية بجانب وحدات كيميائية او بيولوجية .

و تتنوع عمليات معالجة مياه للصرف كما قلنا بين فيزيائية وكيميائية وبيولوجية .
وبيين الشكل العمليات التي تدرج في كل فئة.

الشكل ١-١٣ عمليات معالجة مياه الصرف



المعالجة الفيزيائية

بدأ استخدام العمليات الفيزيائية منذ زمن طويل ولا تزال أسسنا لمعظم أنظمة المعالجة وكانت أنظمة المعالجة القديمة تقريبا تقتصر على وحدات للمعالجة الفيزيائية ، ولا تكاد نجد مشروعا لمعالجة مياه الصرف يخلو من وحدة على الأقل من وحدات المعالجة الفيزيائية وتعتمد المعالجة الفيزيائية على العمليات الطبيعية والخواص الطبيعية للمواد

والسوائل كالجاذبية والطفو والحجز بالترشيح والترسيب بالثقل والامتزاز . كما انها تشكل أكثر من ٩٠% من العمليات لتطهير المياه الصرفة.

وحدات المعالجة الفيزيائية ذات أهمية كبرى في المعالجة اذ تحجز كميات كبيرة من الملوثات كما انها تمهد للعمليات التالية مثل العمليات البيولوجية والكيميائية .

المعالجة الكيميائية

تعمل الوسائل الكيميائية المستخدمة لمعالجة مياه الصرف عن طريق التفاعلات الكيميائية، وتدمج عادة مع العمليات الفيزيائية والبيولوجية. وتختص بإزالة أنواع معينة خاصة من الملوثات التي يصعب إزالتها بالطرق الفيزيائية والبيولوجية، ومن أهم أضرار هذه العمليات، أنها تراكمية، تساهم في زيادة المواد المذابة في مياه الصرف، وهذا قد يشكل عاملاً هاماً لدى إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة في أغراض معينة كالزراعة.

المعالجة الفيزيوكيميائية

وفي هذه النظم من المعالجة تستخدم كل من المعالجة الفيزيائية والكيميائية وتتمثل المعالجة الفيزيائية بوحدات فصل للزيوت بنظام الطفو الهوائي المذاب (Dissolved Air Floatation DAF) ، أما المعالجة الكيميائية فتتمثل في إضافة بوليمرات كيميائية لتسهيل وإسراع عملية الطفو ولأنه هناك أنواع من المستحلبات تحتاج الي مواد كيميائية مساعدة من أجل فصلها.

المعالجة الكيميائية البيولوجية

ويتم استخدام هذه الطريقة عند وجود نسب مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة والعالقة وذلك بهدف تقليل الحمل العضوي للمياه قبل إدخالها على وحدة المعالجة البيولوجية. كما يجب ملاحظة أن الرمال والزيوت والشحوم والمواد الناتجة الأخرى يجب ألا تدخل وحدة المعالجة البيولوجية وذلك لما لهذه المواد من آثار سيئة على البكتيريا حيث يمكن ان تقلل من النشاط البكتيري أو توقفه ، ولذلك فإن المعالجة الأولية الجيدة تعطي أداء جيد وثابت لفترة طويلة.

ومن وجهة النظر العلمية، فإن المعالجة الكيميائية الأولية تتيح الفرصة للمعالجة البيولوجية ان تعمل تحت ظروف ثابتة، ولذلك فإنه من الضروري إجراء الخطوات الآتية قبل الدخول في مرحلة المعالجة البيولوجية:

- منع دخول أى مواد سامة أو حائلة.
- معالجة مياه الصرف الداخلة والتي قد تكون متغيرة الأحمال نتيجة للتهوية فى أحواض المعادلة.
- فصل الرواسب العضوية والغير عضوية.
- معادلة التذبذب فى الأس الهيدروجينى.

المعالجة البيولوجية

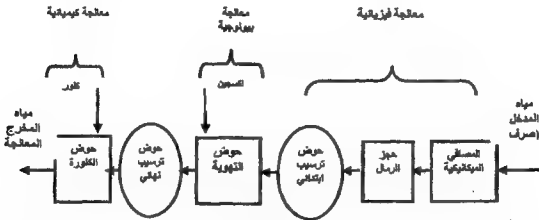
تعتمد المعالجة البيولوجية على النشاط البيولوجي للكائنات الحية الدقيقة فى التخلص من الملوثات. وتستخدم هذه الطرق أساساً من أجل التخلص من المواد العضوية (الرغوية أو الذاتية) القابلة للتحلل بيولوجيا. ويتم هذه العملية من خلال تحويل هذه المواد إلى غازات تتسرب إلى الهواء الخارجى أو إلى نسيج الخلايا البيولوجية (الحمأة) التى يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب.

وتستخدم المعالجة البيولوجية أيضا فى التخلص من المغذيات (النيتروجين والفسفور) وذلك من خلال عمليات التآزت Nitrification ، وعكس التآزت Denitrification بالنسبة للنيتروجين ،وتحويل الفسفور الى مركبات ثابتة يسهل الاستفادة منها فى اغراض متعددة كالزراعة مثلا .

وفى أغلب الأحيان يمكن معالجة مياه الصرف بيولوجيا مع التحكم البيئى الملائم. ويتميز المعالجة البيولوجية عامة بانخفاض تكاليف الانشاء والتشغيل نظرا لأعتمادها على الكائنات الدقيقة وخاصة البكتريا بأنواعها المختلفة (الهوائية واللاهوائية والاختيارية) فى القيام بتكسير وتحلل المواد العضوية والملوثات ، وايضا لندرة استخدام الكيماويات فى المعالجة والتي تزيد من تكاليف التشغيل .

- ومن أشهر نظم المعالجة البيولوجية للنظم الآتية :-
- عمليات المعالجة بالحماة المنشطة وتطبيقاتها المختلفة.
 - المرشحات البيولوجية.
 - والاقرص البيولوجية للدوارة.
 - للتأزت (التنيرة) وعكس التأزت.
 - ازالة الفسفور بيولوجيا
 - بحيرات الاكسدة.

وسوف يقتصر هذا الكتاب علي دراسة المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف والشكل التالي يمثل نموذج لمحطة صرف صحي تشمل أنواع المعالجة الثلاثة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية ،حيث ان المعالجة التمهيدية والأبتدائية تعتمد علي أسس المعالجة الفيزيائية والطبيعية وعمليات الحماة المنشطة هي عمليات معالجة هوائية بيولوجية وتتم من خلال وحدات المعالجة الثانوية مثل لحواض التهوية . أما التطهير بالكlor فيعد من عمليات المعالجة الكيميائية .



شكل ١-١٤ لمخطط محطة لمعالجة مياه الصرف لصحي تشمل عمليات المعالجة البيولوجية والفيزيائية والكيميائية

الباب الثاني

عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

- ١-٢. عمليات المعالجة الفيزيائية
- ٢-٢. التنصيف
- ٣-٢. الطحن والتفتيت
- ٣-٢. معالجة التدفق
- ٤-٢. حجز الحصى والرمل
- ٥-٢. أحواض حجز الرمل المهواة
- ٦-٢. الترسيب بالجاذبية (الترسيب الطبيعي)
- ١-٦-٢. الترسيب الابتدائي
- ٢-٦-٢. الترسيب الثقوي
- ٧-٢. الترشيح
- ١-٧-٢. المرشحات الرملية البطيئة
- ٢-٧-٢. المرشحات ذو الوسط الحبيبي
- ٨-٢. التعويم
- ٩-٢. التناضح العكسي
- ١٠-٢. الانظمة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف

الباب الثاني

عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

٢-١. عمليات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

تعتمد طرق المعالجة الفيزيائية على الخواص الطبيعية الموجودة في الطبيعة نفسها بدون تدخل الإنسان ، أي القوي المؤثرة هي قوي طبيعية التي لاحظها واكتشفها الإنسان داخل البيئة المحيطة. وبدأ استخدام العمليات الفيزيائية منذ زمن طويل ولا تزال أساساً لمعظم أنظمة المعالجة . وتصف الفقرات التالية أكثر هذه العمليات شيوعاً.

وحدات المعالجة الفيزيائية هي دائما الوحدات التمهيدية والاولية لكل مشاريع معالجة المخلفات السائلة كما توجد ايضا في مراحل المعالجة الثلاثية المتقدمة كما في حالة التناضح العكسي والامتزاز بالكربون المنشط ، حيث يبدأ كل مشروع بوحدات معالجة فيزيائية كمرحلة اولي من مراحل المعالجة وقد ينتهي ايضا بوحدة فيزيائية.

ومن أهم عمليات المعالجة الفيزيائية العمليات الاتية : التصفية، إزالة الرمال، الترشيح ، الطفو ، الترسيب والتناضح العكسي .

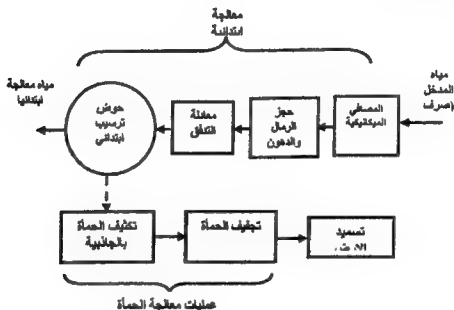
وبين الجدول التالي أهم الطرق الفيزيائية للمعالجة والهدف من كل طريقة ودورها في المعالجة.

جدول رقم ١-٢

طرق المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

الهدف منها	الطريقة الفيزيائية
حجز وفصل المواد والاجسام الكبيرة والمتوسطة مثل الخشب والورق والصلب والشجر	المصافي Screens
طحن المواد الصلبة وتحويلها الى مواد اصغر	الطحن Grinding
لتحسين فعالية عمليات المعالجة الثانوية والمتطورة عن طريق تسوية متغيرات العمليات، ومنها التدفق	معادلة التدفق Equalization
ازالة المواد الصلبة الغير عضوية مثل الرمل والحصي	ازالة الرمال Sand and grit removal
ازالة وترسيب المواد القابلة للترسيب	الترسيب Sedimentation
تركيز المواد الدقيقة	الترشيح Filtration
فصل المواد الصلبة الذائبة وبعض الأيونات	التناضح العكسي Reverse Osmosis
ازالة المواد الصلبة والسائلة ذات الكثافة النوعية القليلة	الطفو Floatation
تركيز المواد الصلبة	الطرد المركزي Centrifugation
تركيز السوائل والحمأة	التجميد Freezing
Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill 2002,	

والشكل التالي مخطط لمشروع معالجة صرف صحي يحتوي على وحدات لعمليات
معالجة الفيزيائية



شكل ١-٢ لمخطط محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي بها العديد من عمليات المعالجة

٢-٢. أ-التصفية Screening

وهي مرحلة تعتمد على مبادئ فيزيائية بسيطة في تنقية المياه. إذ تهدف إلى تخليص المياه أولاً من النفايات كبيرة الحجم والتي هي غالباً مواد صلبة غير قابلة للتحلل في مياه الصرف (مثل علب الصفيح والبلاستيك والطوب والقماش والعلب الألمونيوم وغيرها) بتمريرها عبر شبكة كبيرة من القضبان المعدنية العمودية أو المنحنية (ما بين ٦٠ إلى ٨٠ درجة عن سطح الأرض) أو المقوسة والتي يطلق عليها اسم المرشح القضباني .

في هذه المرحلة التمهيدية من المعالجة تمر المخلفات السائلة في مصفاة بفرض حجز المواد الطافية الكبيرة الحجم وذلك لحماية المضخات وصيانة المواسير من

الأنسداد (حماية الشبكة الداخلية للمحطة عموما من الانسداد) ، ومنع تواجد المواد الطافية علي سطح الأحواض بشكل يؤدي للنظر .

وتؤدي تصفية مياه الصرف الي حماية معدات أسفل المجرى ومنع المواد العائمة من دخول خزانات الترسيب . وتتألف أجهزة التصفية من قضبان متوازية أو شبكة أسلاك أو صفائح مثقوبة أو غيرها . وتعرض اجهزة التصفية سير المخالفات السائلة ، فتحتجز أمامها المواد الطافية الأكبر من سعة فتحاتها .

ويفضل دائما استخدام المصافي ذات السعة الصغيرة في وحدات المعالجة الابتدائية ، أما المصافي ذات السعة الكبيرة فيفضل استخدامها أمام محطات ضخ مياه الصرف الخام .

ويجري التخلص من المواد المزلة بالتصفية إما عن طريق دفنها أو حرقها أو إرجاعها إلى دفق المياه العادمة بعد تنقيتها .

وتصنف المصافي حسب حجم الفتحات في أربع فئات أساسية :

- المصافي الخشنة
- الدقيقة
- الفائقة الدقة
- الميكروية

فالمصافي الخشنة مثلا تضمّ المصافي ذات القضبان وشبكات تصفية النفايات، التي يمكن تنظيفها بوسائل يدوية وميكانيكية . وتضمّ المعايير المستخدمة في تصميم المصافي حجم القضبان وتباعدها ولحذاءها، وعرض القناة، وسرعة التدفق .

والمصافي الدقيقة رغم انها تحجز كميات كبيرة من المواد الطافية الا انها تحتاج للتنظيف باستمرار لأنسداد فتحاتها بسرعة أكبر من المصافي المتوسطة والكبيرة الفتحات .

وغالبا تكون المصافي الدقيقة عبارة عن شقوق في الواح معدنية غالبا حديدية وقد تستخدم عدة أنواع من الوسائط ، ضمنها الصفائح المنقوية وشبكات الأسلاك وقماش الأسلاك المنسوجة . وبسبب فتحاتها الدقيقة، من الضروري تنظيف هذه المصافي باستمرار باستخدام فرشاة أو مبشرة أو تنفق مياه أو بخار أو هواء. وتعتمد فعالية المصافي الدقيقة على دقة الفتحات وسرعة التدفق. تمر خلالها المخلفات السائلة وهي لا تستعمل الا في حالات خاصة منها : -

ا- تصفية المخلفات السائلة قبل صبها في البحر أو النهر بدون اي معالجة بعد ذلك (غالبا عندما تكون هذه المخلفات قليلة المحتوي العضوي).

ب- التخفيف عن أحواض ترسيب تتلقي كميات من المخلفات تفوق طاقتها الاستيعابية.

ج- وجود مخلفات صناعية تحوي مواد عالقة يصعب ترسيبها .

د- الاستغناء كلية عن أحواض الترسيب الابتدائية في بعض عمليات المعالجة بالرواسب (الحماة المنشطة) .

والجدول التالي يبين أنواع المصافي الميكانيكية والتي تستخدم بصورة شائعة في معالجة مياه الصرف الصحي.

جدول ٢-٢

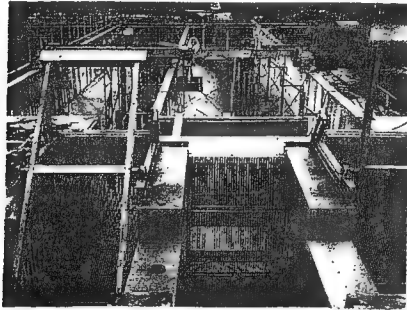
أنواع المصافي الميكانيكية

أنواع المصافي	التطبيق	حجم الفتحات مم	فئات المصافي
<ul style="list-style-type: none"> المصافي ذات القضبان وشبكات تصفية النفايات المنظفة يدوياً المصافي ذات القضبان وشبكات تصفية النفايات المنظفة ميكانيكياً - تنظيف أمامي أو خلفي مدار بسلسلة أو بكابل - مصافي ترندية كالمشطر - مصافي متسلسلة - مصافي متواصلة ذاتية التنظيف 	<ul style="list-style-type: none"> إزالة المواد الصلبة الكبيرة والحطام وقطع الصفيح علب البلاستيك 	أكبر من أو تساوي ٦	المصافي الخشنة
<ul style="list-style-type: none"> مصافي ذات أسطوانات دوارة مصافي ذات أسطوانات دوارة مع دفق داخلي وخارجي مصافي ذات أسطوانات دوارة عمودية مصافي ذات أسطوانات دوارة متحركة مصافي مياه متقلة مصافي ذات شريط متصل مصافي هزازة 	<ul style="list-style-type: none"> خفض المواد الصلبة العالقة لمستوى يناسب المعالجة الأولية 	١,٥-٦	المصافي الدقيقة
	<ul style="list-style-type: none"> خفض المواد الصلبة العالقة لمستوى يناسب المعالجة الأولية 	١,٥-٠,٢	المصافي الفلقة الدقيقة
	<ul style="list-style-type: none"> خفض المواد الصلبة العالقة لمستوى يناسب المعالجة المتقدمة 	٠,٣-٠,٠٠١	المصافي الميكروية

D.H.F. Liu and B.G. Liptak. Wastewater treatment. Florida, Lewis, 1999

وتنقسم المصافي من حيث طريقة تنظيفها الي :

- ١- مصافي تنظف يدويا (بسيطة التركيب - رخيصة - تحتاج لعمالة دائمة)
- ٢- مصافي تنظف ميكانيكيا عن طريق امشاط تتحرك فوق المصافي فترفع المواد المحجوزة امامها (اكفا في التنظيف - مكلفة في تشغيلها وصيانتها - تحتاج لعناية في تشغيلها وصيانتها) .
- ٣ - مصافي ذات جهاز سحق المواد الطافية ، يقوم الجهاز بتفتيت المواد الطافية وتركها بعد سحقها لترسب في أحواض حجز الرمال (تضيف عبئا علي أحواض حجز الرمال لزيادة الرواسب) .



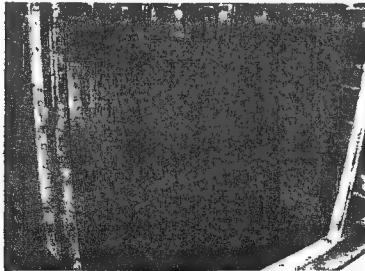
صورة لأحد المصافي للميكانيكية المنحنية

وعملية التنظيف في حد ذاتها هامة جدا سواء كان التنظيف ميكانيكيا او يدويا ، فيجب علي العاملين والمشغلين ان يحافظوا علي المصافي في حالة نظيفة باستمرار لانه في حالة عدم تنظيفها سيمسب ذلك حدوث انسداد ، ومن ثم فانه عند تنظيفها بعد الانسداد سيؤدي ذلك الي تنفق كمية من مياه المجاري المحجوزة في المصفاة

الي داخل محطة المعالجة ، ويسبب ذلك حمل زائد علي وحدات المعالجة وبالتالي الي قصور في كفاءة التنقية .

وبالرغم من ان التنظيف الميكانيكي يعد وسيلة جيدة للتنظيف الا انه هناك بعض المواد التي توجد ملتصقة لا تصل اليها الشبكة الميكانيكية ، وهذا يتطلب ايقاف الوحدة وتنظيفها يدويا .

ويجب علي العاملين الامتناع تماما عن محاولة تنظيف المصافي الميكانيكية وهي تعمل لان ذلك قد يعرضهم الي اخطار شديدة قد تصل الي الصعق بالكهرباء والموت. فمن الضروري ايقاف الوحدة عن العمل وفصل التيار الكهربائي عنها تماما من المصدر الرئيسي للتيار قبل البدء في تنظيفها وصيانتها ، كذلك يجب الحرص من العاملين باتباع قواعد السلامة والامان في الوقوف والاحتراس من الانزلاق او رفع المواد بطريقة خاطئة ويجب ان يقوم بالتنظيف أكثر من فرد وذلك لطلب المساعدة والنجدة عند حدوث اي خطر قد يهدد احد العاملين .



صورة لاحد المصافي الميكانيكية لتصفية مياه الصرف

طريقة تشغيل المصافي

١. تأكد ان مصدر التيار الكهربى للوحدة مفصول تماما وانه قد تم تنظيف الاجزاء من المصفاه التي يوجد بها مواد ملتصقة وعالقة يدويا . فقد تلتصق بعض المخلفات في اماكن بعيدة عن حركة الشبكة الميكانيكية .

٢. قبل البدء في تشغيل اي وحدة ميكانيكية يجب التأكد من ان جميع اعمال الصيانة الدورية والوقائية مثل التشحيم وتغيير زيوت المحركات قد تمت على اكل وجه .

اقم بفحص جميع اجزاء الوحدة وتأكد ان جميع الاجزاء ثابتة ومسامير التثبيت ثابتة ومحكمة التريبط وذلك لتفادي الاهزلات والارتجاج عند تشغيل الوحدة. ٣. بعد تشغيل الوحدة لاحظ حركتها الميكانيكية وتأكد بانها حركة منتظمة خالية من الاهتزاز أو الأرتجاج وانه لا يوجد ما يعوق للوحدة عن العمل ، وعند الشك في وجود أعطال يجب فصل التيار الكهربى والبدء في معرفة طبيعة الاعطال وسببها والعمل على اصلاحها بفريق الصيانة المتخصص وعن طريق كتيبات الصيانة الخاصة بكل وحدة .

٤. أحرص على جعل مكان العمل في غاية النظافة وخالي من اية عوائق للسير والعمل ، وغسل الأرضيات دوريا مستعملا المياه وفرش النظافة .

٥. يجب على العاملين ان يحرصوا على نقل المخلفات المرفوعة قبل تراكمها ، حيث ان تراكمها يؤدي الي الي توالد للروائح الكريهة ويجعلها مصدرا لتوالد وتكاثر الذباب والفئران لاحتوائها على كثير من المواد العضوية .

٦. يجب تسجيل حجم وعدد الناقلات التي تم ملئها بالمخلفات - معرفة حجم وكمية المخلفات هام جدا لمعرفة حجم المكان المخصص لاستقبال وتشوين المخلفات وتقدير التكاليف اللازمة للتخلص من هذه المخلفات .

٧. يجب دائما الحرص علي ترك المصافي الميكانيكية نظيفة سواء كان التنظيف يدويا أو اليا ، حتي لا تصبح المواد العالقة عائقا في تسفق مياه المجاري المتدفقة للمحطة .

٨. الاجزاء المتحركة تحت سطح المياه تتأثر بالمياه الموجودة فيها ومن ثم فانها تحتاج الي تشحيم وتزييت اكثر من الاجزاء المتحركة فوق سطح المياه .

٩. لحرص دائما علي اتباع قواعد الامن الصناعي والسلامة المهنية اثناء التشغيل

التخلص من المواد الطافية

معظم مخلفات المصافي تحتوي علي أكثر من ٨٠ % من وزنها ماء - كما تشمل الفضلات قطع الورق ولخشب والاقمشة وبقايا الاطعمة ، كما تحتوي المواد الطافية التي حجزتها المصافي علي نسبة من المواد الملوثة ذات الطبيعة العضوية سريعة التحلل والتي يمكن ان تنتعفن مع الوقت ، ولذلك يجب التخلص منها سريعا بمجرد جمعها من امام المصافي ، ويتم ذلك بالطرق الآتية :-

١ - الحرق

ب - الدفن في خنادق محفورة بالأرض وتغطيتها بطبقة ردم من الرمال لا تزيد عن ٦٠ سم تقادياً لرائحتها وتولد الذباب علي سطحها وهو الأسلوب الممكن استخدامه في القرى . ويرعى رشها بالجير الحي في المناطق الحارة.

ج - استخدامها في ردم المناطق البعيدة عمرانيا والتي تحتاج للردم .

د - تحفيظها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها ، وتعد تلك الطريقة انسب الطرق للتخلص من هذه الفضلات .

و - تقطيعها وفرمها في مفارم خاصة أو طحنها ثم إعادتها الي بقية المخلفات السائلة لترسب في أحواض الترسيب الابتدائي ومن ثم يسهل التخلص منها مع بقية الرواسب .

ه - حملها في السفن والقارواها بعيدا عن الشاطئء وذلك في البلاد الساحلية بشرط الا تكون هذه المخلفات شديدة التلوث بالمواد العضوية .
ي - تقطيعها وفرمها في مفارم خاصة أو طحنها ثم نقلها الي أحواض تخمير الرواسب حيث تعالج ويتخلص منها مع بقية الرواسب .
الشروط الواجب توافرها بالمصافي :

أ - يجب أن تكون القضبان الحديدية دائرية أو مستطيلة المقطع وتتراوح ما بين ١/٢ إلى ٣/٤ بوصة.

ب - يجب أن تكون زلوية ميل القضبان علي المستوى الأفقي ما بين ٣٠ علي ٧٥ درجة وذلك ليسهل تنظيفها كما أن هذا الميل يساعد علي تحميل الفضلات أمامها علي منسوب سطح الماء.

ج - يجب أن تساوي المساحة الصافية ما بين القضبان ضعف مساحة المقطع المائي للمجرى المؤدى إلي غرفة المصافي (وذلك في حالة استعمال شبكة صرف منفصلة)

د - في حالة استعمال شبكة صرف صحي مشتركة يكون صافي المساحة بين القضبان مساوياً لثلاث أمثال مساحة المقطع المائي للمجرى المؤدى إلي غرفة المصافي

هـ - يجب ألا تزيد سرعة الماء العمودية علي مستوى المصفاة عن ١٥ سم / الثانية حتى لا تسبب ضغطاً علي الفضلات فتتمز بين القضبان .

أسس تصميم المصافي

يجب مراعاة للنقاط التالية عند تصميم المصافي :

أ - ميل المصافي مع الأفقي يتراوح ما بين ٤٥ و ٧٠ درجة.

ب - الفراغات بين القضبان تكون من ١ - ٣ سم.

ج - السرعة خلال قناة المصافي يجب ألا تقل عن ٤٠ سم / ثانية .

د - السرعة خلال فتحات المصافي لا تزيد عن ١٠٠ سم / ثانية .
هـ - الفاقد في مرور المياه خلال فتحات المصافي يمكن حسابه علي أساس
سريان المياه خلال الفتحات المستطيلة ويتراوح بين ١٠ سم إلي ٣٠ سم حسب
تأثير المواد الطافية علي الفتحات .

وهذا الفاقد في منسوب المياه أمام وخلف المصفاة (أي الفرق بين منسوب المياه أمام
وخلف المصفاة) يمكن تقدير المعادلة الرياضية التالية :

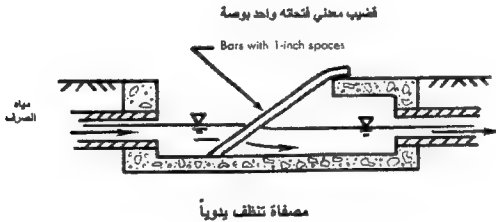
حيث

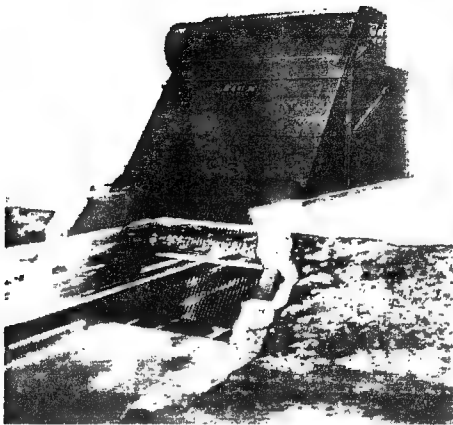
$$h = \text{الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاة متر}$$

$$v_2 = \text{سرعة الماء في فتحات المصافي (أي بين القضبان) م / ث}$$

$$v_1 = \text{سرعة الماء أمام المصافي م / ث}$$

$$g = \text{عجلة الجاذبية الأرضية م / ث}^2$$





مشاكل التشغيل التي تحدث لوحدات للتصفية الميكانيكية

مثال ١ : * تراكم المواد المراد تصفيتها امام المصافي الميكانيكية.

السبب:

- عدم كفاءة للمصافي لقصر مدة تشغيلها او لزيادة المواد المراد تصفيتها مما قد ينتج عنه ارتفاع منسوب المياه امام المصافي عن منسوب المياه خلفها.

العلاج:

- يتم فحص المصافي من الناحية الميكانيكية للتأكد من سلامة الامشاط الخاصة ، كذلك يتم زيادة تشغيل المصافي لتتناسب مع كمية المياه المراد تصفيتها.

مثال ٢

* اعتماد فتحات المصافي الميكانيكية .

السبب : ١- عدم عمل التنظيف اللازم للمصافي باستمرار.

٢- عدم تناسب فتحات المصافي مع طبيعة وحجم المواد المراد تصفيتها

فقد تكون المصافي دقيقة والمواد المراد تصفيتها من المياه كبيرة الحجم .

العلاج :

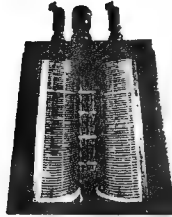
تنظيف المصافي باستمرار سواء كان التنظيف ميكانيكيا او يدويا.

وعملية التنظيف في حد ذاتها هامة جدا سواء كان التنظيف ميكانيكيا او يدويا ، فيجب علي العاملين والمشغلين ان يحافظوا علي المصافي في حالة نظيفة باستمرار لانه في حالة عدم تنظيفها سيسبب ذلك حدوث اتسداد ، ومن ثم فانه عند تنظيفها بعد الانسداد سيؤدي ذلك الي تدفق كمية من مياه المجاري المحبوسة في المصفاه الي داخل محطة المعالجة ، ويسبب ذلك حمل زائد علي وحدات المعالجة وبالتالي الي قصور في كفاءة التنقية.

٢-٣. الطحن والتفتيت Grinding

تسحق المفتتات أو الطاحنات المواد الكبيرة العائمة في دفق المياه، وتستخدم عادة عندما يكون استعمال المصافي غير عملي، وقد تنشأ بين حجرة حجز الرمال وبتين خزانات الترسيب الأولية، وتخفف انبعاث الروائح والذباب وتساعد على تحسين المنظر . وتُقسّم المفتتات إلى فئات حسب حركة القاطعات التي يمكن أن تكون دوّارة أو مترجّحة.

وتتضمن المفتتات ذات القاطعات الدوّارة مصفاة ثابتة أو متحركة مع القاطعات.



صورة أحد أنواع الطاحنات التي تستخدم لتفتيت المواد الصلبة لمياه الصرف والمفتتات تمسح وتطحن المواد الصلبة الكبيرة ولكنها لا تزيلها من مياه لصرف ومن أهم مميزات الطاحنات انها تقلل الجسيمات الصلبة الكبيرة وتحولها بالطحن الي جسيمات دقيقة يسهل مرورها مع مياه الصرف ، ومن أهم عيوبها انها تعيد الجسيمات الصلبة الي مجري مياه الصرف مما يمكن منه ان تحدث مشاكل في التشغيل . وحديثا في بعض مشاريع المعالجة تقوم المفتتات بتفتيت المواد الصلبة ثم يتخلص منها بعيدا عن مجري مياه الصرف.

جهاز التقطيع اللفاف Comminutor

وهو جهاز يستخدم لتقطيع المواد الطافية الصلبة والشبه صلبة الموجودة في مياه الصرف دون حجزها امام المصافي وازالتها - ويوضع الجهاز في مجري المخلفات السائلة لتمر فيها كلها .

والجهاز عبارة عن اسطوانة وفي المطح الجانبي للأسطوانة فتحات عرضها حوالي ربع بوصة تمر منها المخلفات الي قاع الاسطوانة ومنها الي المجري المائي ثانية - ومثبت بجوار هذه الاسطوانة امشاط ذات اسلحة حادة وهذه الاسطوانة تدور بقوة موتور كهربى وبذلك تقوم الاسلحة المثبتة في المشط بتقطيع المواد التي يزيد حجمها عن الفتحات الموجودة في محيط الاسطوانة الي احجام اصغر من هذه الفتحات فتمر فيها مع بقية المخلفات .

ويوصي دائما باستخدام جهازين من هذا النوع يعمل احدهما كالاحتياطي للآخر . ويتميز هذا الجهاز بأنه يغني عن عملية حجز المخلفات الطافية امام المصافي وازالتها والتخلص منها.

٢-٣. معادلة التدفق Flow Equalization

نستعمل تقنية معادلة التدفق لتحسين فعالية عمليات المعالجة الثانوية والمتطورة عن طريق نسوية متغيرات العمليات، ومنها التدفق ومستويات الملوثات والحرارة، خلال فترة من الزمن . ويؤدي تضيق الفروق والوصول إلى معدل تدفق شبه ثابت إلى تخفيف آثار هذه المتغيرات في أسفل المجرى.

وتساعد عملية تثبيت تدفق مياه الصرف في التغلب على مشاكل التشغيل الناجمة عن التغير في معدلات تدفق المياه إلى محطات المعالجة وبالتالي تحسين أداء المحطة. ويستخدم خزان (Equalizing tank) كذلك خزان طوارئ لاستقبال المياه الملوثة في حالة حدوث أى عطل فني في عملية المعالجة.

وفيما يلي مميزات تطبيق نظام تثبيت وتجانس مياه الصرف الداخلة في محطات المعالجة:

- زيادة كفاءة عمليات معالجة مياه الصرف بعد التجانس وتثبيت معدل التدفق
- زيادة كفاءة المعالجة البيولوجية حيث أن عملية التجانس تمنع أو تقلل حدوث الأحمال العالية لمفاجئة. كذلك يمكن تخفيف المواد السامة التي تؤثر على العملية الحيوية وثبات الأس الهيدروجيني.
- تحسين أداء عمليات الترشيح والغسيل العكسي لتكون أكثر انتظاما.
- توفير استمرارية للعمل لنظام المعالجة البيولوجية خلال فترات التوقف للمحطة (تعتمد المعالجة البيولوجية على استمرار تدفق المادة العضوية كغذاء للكائنات الدقيقة التي تقوم بعملية المعالجة البيولوجية).

- تحسين أداء المعالجة الكيميائية في حالة كون محطة معالجة مياه الصرف تستخدم عمليات المعالجة الكيميائية حيث أن التثبيت والتجانس يؤدي إلى ثبات الأحمال مما يؤدي إلى تغذية منتظمة لجرعات الكيماويات.
 - تحسين في خواص المياه المعالجة وكفاءة التخزين في أحواض الترسيب الثانوية التي تتبع المعالجة البيولوجية التي تزداد كفاءتها نتيجة ثبات أحمال المواد الصلبة.
 - يمكن أن تكون عملية التثبيت والتجانس طريقة غير مكلفة للتغلب على مشاكل المحطات التي تعاني من ازدياد الأحمال.
- ويمكن استخدام معادلة التدفق في أماكن عدة في محطة معالجة مياه الصرف، ومنها النقاط قبل الصرف إلى جسم مائي، وقبل عملية للمعالجة المتقدمة.
- وهناك أربع طرق شائعة لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف
- ١- التدفق بالتبادل.
 - ٢- التدفق المتقطع.
 - ٣- الخلط التام المجمع .
 - ٤- الخلط التام الثابت.
- ١- التدفق بالتبادل
- في طريقة التدفق بالتبادل يكون أحد الأحواض مستقبلاً لكل لمياه الصرف في وقت محدد والحوض الآخر يقوم بصرف المياه ، ويتم التبادل بين الأحواض من حيث الملء والتفريغ ويتميز هذا النظام ان يوجد خلط تام ولهذا مستويات الملوثات ثابتة مع التدفق الثابت وهذا النوع من تثبيت التدفق يحقق تجانس كبير لمياه الصرف . ومن عيوب هذا النظام تكلفة الانشاء العالية حيث يعد الحوض الثاني حوض اضافي.
- ٢- التدفق المتقطع
- في هذا النوع من عمليات التساوي للتدفق يسمح لمجري مياه الصرف ان يتحول لحوض التساوي فترات قصيرة من الوقت عند الحاجة لذلك ثم يعود التدفق لمساره

المعادي الرئيسي من خلال التحكم الجيد المقاس لتدفق المياه. حجم و تركيز الملوثات المتغيرين للمياه المتحولة عن مسارها سوف يتم تجاوزه عندما تعود المياه لمسارها الرئيسي.

٣- الخلط التام المجمع .

يصمم هذا النظام علي اساس الخلط التام للتدفقات الواردة قبل وصولها للوحدات الامامية للمعالجة ، وهذا النظام يحقق تجانس عالي لجميع التدفقات حيث بخفض التغير لكل تدفق . ويستخدم هذا النظام عندما تكون التدفقات متوافقة مع بعضها من حيث التركيب والمكونات ويمكن خلطها دون حدوث مشاكل ..

٤- الخلط التام الثابت .

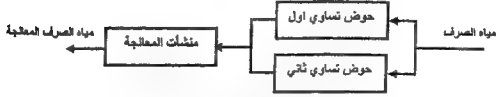
يصمم هذا النظام علي اساس الخلط التام لمجري مياه الصرف في حوض تساوي كبير قبل وصولها لوحدات المعالجة يحقق هذا النظام صرف منتظم ثابت لمياه الصرف عند خروجها من حوض التساوي.

والجدول التالي يبين ملخصا لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف ووصف لكل عملية :

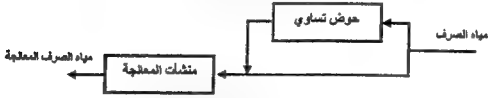
جدول ٢-٣

العملية	وصف العملية
طريقة التدفق بالتبادل (التناوب)	يتناوب خزانان على السعة والتفريغ لفترات متتالية
طريقة التدفق المتقطع	يحول التدفق إلى خزان معادلة بمعدل متزايد ثم يدخل التدفق المحوّل إلى النظام بمعدل مضبوط
طريقة الخلط التام المجمع	تمنّج عدّة تدفّقات في خزان في بداية عملية المعالجة.
طريقة الخلط التام الثابت	يوضع خزان كبير للاستيعاء، تام الامتزاج قبل محطة المعالجة، لمعادلة المتغيرات في مجرى المياه الداخلة والحصول على صرف ثابت

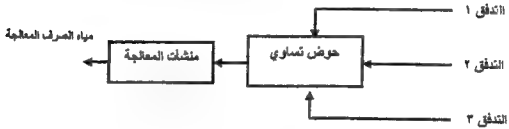
والشكل التالي يبين الطرق الشائعة لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف.



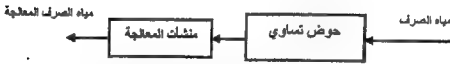
أ- مخطط يبين طريقة التدفق بالتبادل



ب- مخطط يبين طريقة التدفق المتقطع



ج- مخطط يبين طريقة الخلط التام المجمع



د- مخطط يبين طريقة الخلط التام الثابت

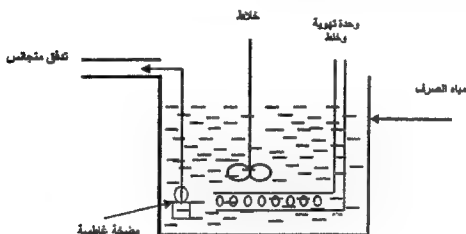
شكل ٣-٢ مخططات للطرق الشائعة لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف

حوض التساوي Equalization Tank

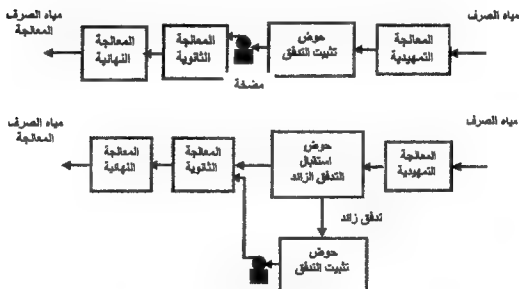
يتوقف حجم ونوع حوض التساوي على كمية الملوثات والتغيرات في معدل التدفق فيجب أن تكون سعة الحوض مناسبة لاحتواء هذه التغيرات.

عادة يتم توفير وسيلة للخلط لتأكيد عملية تثبيت التدفق والتساوي المناسبة ولمنع رسوب المواد الصلبة العالقة في قاع الحوض، هذا بالإضافة الي أكسدة بعض المواد الموجودة في مياه الصرف وكذلك تقليل الحمل العضوي بالخط مع الهواء حيث يتم الخلط مع التهوية لضمان ذلك.

والشكل التالي هو لمخطط لأحد أحوض تثبيت التدفق والتجانس.



شكل ٢-٤: مخطط لنموذج لأحد أحوض تثبيت التدفق والتجانس



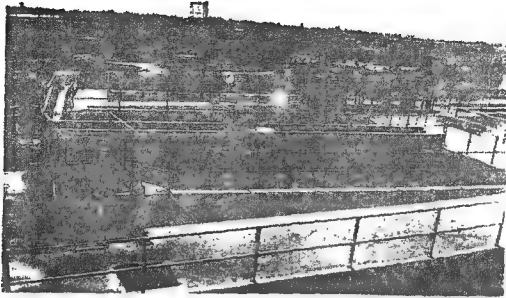
شكل ٢-٥: مخطط لخيارات وحدات تثبيت التدفق والتجانس لمشاريع معالجة مياه الصرف

٢-٤. حجز الحصى والرمال Grit and Sand Removal

أهمية حجز الرمال والحصى من مياه الصرف

تعد عملية حجز الرمال والحصى عملية هامة تمهيدية أولية في عمليات معالجة المخلفات وذلك للأسباب الآتية :-

- ١ - تراكم الرمال داخل أحواض الترسيب الابتدائي يزيد من مشاكل سحب الحمأة من الأحواض ويعد مواسير تصريف الرواسب .
- ب- قد تتراكم الرمال في أحواض التهوية بمرور الزمن مما يسبب مشاكل عند تفريغ تلك الأحواض للتنظيف والصيانة المدنية .
- ج - تتراكم الرمال في هاضمات الحمأة يحدث تدخل في وظيفة تلك الوحدات كما أن إزالة الرمال المتراكمة داخل الهاضمات اللاهوائية يعد من الأمور الصعبة جداً إذ قد يقتضي الحالة تفريغ الحوض بأكمله لإزالة الرمال منه وهذا يعني خروجه من الخدمة مدة من الزمن .
- د- يزيد وجود الرمال من مشاكل تشغيل الطلمبات ويزيد من تأكلها .
- و- احتمال ترسب الرمال في المراسير وقتوات التصريف لوحداث المحطة المختلفة .
- هـ - تأكل المعدات الميكانيكية بفعل احتكاك الرمال بها .
- ي- نظراً لأن الرمال سهلة الترسيب كما أنها مادة خاملة لا تتحلل وبالتالي تضعف القيمة الغذائية للرواسب عند استخدام الرواسب كمادة تسميدية ، لذلك يفضل فصلها أولاً وقبل دخولها أحواض الترسيب الابتدائي.



صورة لاحتياض حجز الرمال

أحواض حجز الرمال والحصى

هي أحواض مستطيلة الشكل أو دائرية ، الغرض منها هو فصل الرمال المتواجدة في مياه الصرف الصحي من الشوارع والأرصفة الغير مرصوفة ، أو من مياه الأمطار عند تساقطها ووصولها للشبكة أو من التربة نتيجة وجود شروخ في المواسير أو في المطابق.

ولابد من إزالة هذه الرمال والحصى مهما كانت طبيعة شبكة الصرف الصحي بالمدينة: موحدة (أي لجمع مياه الصرف ومياه الأمطار) أم منفصلة عن شبكة مياه الأمطار. وقد يبلغ تركيز الرمال ٢٠٠ مجم / اللتر في الشبكة المنفصلة وربما ٥٠٠مجم/التر أو أكثر في الشبكة الموحدة.

ويتم إزالة الرمال باستغلال فارق الكثافة بين المواد المعدنية (ك = ٢,٦٥ = density) وبين المواد العضوية (كثافة = ١,٢) التي لا بد أن تبقى عائمة أو عالقة عند مرورها بهذه المرحلة وهذا وجه الاختلاف مع أحواض الترسيب.

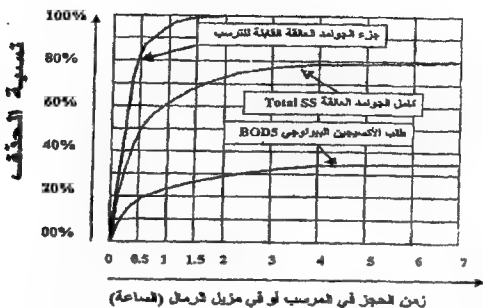
وتصمم أحواض حجز الرمال لترسيب المواد التي لها كثافة ٢,٦٥ وحجمها أكبر من ٠,٢ مم ، ورغم ان الفرض الأساسي من انشاء هذه الوحدات هو ترسيب المواد غير العضوية فقط ، لا ان نسبة صغيرة من المواد العضوية ترسب مع الرمال وتبلغ هذه النسبة في بعض الاحيان ١٥ % من المواد العضوية في مياه المجاري الخام .

ويتكون أحواض حجز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافي لحفظ سرعتها عند السرعة (وهي ٣٠ سم / ث). التي تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التي يبلغ قطرها ٠,٢ مم .



صورة تبين رسوب الحصى داخل حوض ترسيب الحصى والرمل

أهمية زمن الحجز في كفاءة إزالة المواد القابلة للترسيب داخل حوض الرمال
 تمكن عملية حجز وإزالة الرمال من تقليص كتلة التلوث الخام وبالتالي تخفيف العبء على منشآت المعالجة التي تلي مزيل الرمال. ويبين الرسم التالي نسبة تقليص الملوثات بالترسيب الطبيعي داخل حوض الرمال حسب زمن الحجز:



شكل ٢-٦ نسبة تكتلنيس الملوثات بالترسيب الطبيعي داخل حوض الرمال وعلاقته بالزمن

تفريغ أحواض حجز الرمال

من المهم جدا إزالة الرمال والرواسب الصلبة المتواجدة داخل أحواض الرمال بسرعة وبصفة دورية لأن تراكمها يسبب مشاكل عديدة في التشغيل ، ومن المهم أن يكون قاع الحوض مناسباً لطريقة التفريغ ، وعادة يتم تفريغ أحواض حجز الرمال والحصى من الرمال المجمعة ومن الرواسب التي حجزت داخل الأحواض بالطرق التالية :

- تفريغ الحوض يدوياً.

- تفريغ الحوض ميكانيكياً.

١- تنظيف أحواض فصل الرمال يدوياً

الغرض من هذه الأحواض كما سبق ذكره هو ترسيب الرمال والمواد الغير عضوية وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب ويتم إزالة الرمال بتسليط

خرطوم مياه علي الرواسب فتكسحها إلي خارج الحوض لتتميز في مواسير إلي موضع التخلص منها . ويعيب هذه الطريقة عدم استمرار العمل في الأحواض ويتطلب الأمر تفريغ الحوض المطلوب إزالة الرمال منه. كما يمكن تنظيف هذه الأحواض يدوياً بواسطة مغرقة بيد طويلة في حالة التصرفات الصغيرة.

٢- تفريغ الحوض ميكانيكياً.

لتفريغ الحوض ميكانيكياً فإنه يلزم أن يزود الحوض بمعدات ميكانيكية تصمم لهذا الغرض وهذه المعدات تتكون من الآتي :

وحدات كسح الرمال (زحافات).

رافع حلزوني للرمال.

محرك كهربى لتشغيل الروافع والزحافات.

والطريقة الميكانيكية تتلخص في أن يتم تنظيف الحوض علي فترات متقاربة باستعمال الكاسحات تتحرك بقوة موتور كهربى فتدفع امامها الرمال الي منخفض في مدخل الحوض ، ومن هذا المنخفض ترفع الرمال بروافع حلزونية الي أعلى الحوض حيث يمكن جمعها في اوعية خاصة.

التخلص من الرمال و الرواسب

يترسب داخل احواض حجز الرمال كميات من الرمال والحصى وكميات قليلة من الرواسب الصلبة ، وغالباً ما يصاحب الرمال مواد عضوية للتصقت بها وترسبت معها ، ونظراً لان هذه المواد العضوية قابلة للتحلل واحداث روائح كريهة فإنه يجب غسلها ، وتستخدم مياه المجاري المعالجة او المياه السطحية لغسيل المواد المترسبة في أحواض حجز الرمال ، ثم تعاد هذه المياه الي مدخل المحطة ، ورغم ذلك تبقى نسبة ربما تصل الي ٥ % من المواد العضوية مع الرمال ولهذا يجب مراعاة ذلك عند التخلص من هذه المواد ، حيث يفضل القاؤها بعيداً عن العمران .

ويمكن التخلص من الرمال والمواد المترسبة في الأحواض بالآتي :

- بدفنها في باطن الأرض أو استخدامها في ردم الأماكن المنخفضة.
- تقرد علي سطح بعض الأراضي كسماد لبعض النباتات مثل نباتات الزينة.
- نقلها بعيدا عن العمران الي مكان يراد ردمه ويغرس علي سطحها أتربة جافة
- اذا زلت المواد العضوية بالرمل عن ٥% فيجب ان تنفن في خنادق عميقة في باطن الارض لمنع وصول الحشرات والقوارض اليها.

أسس تصميم أحواض حجز الرمال

غالباً ما تصمم أحواض فصل الرمال ضمن المصافي ، لذا يجب أن يكون عرض المصافي مساوياً لعرض غرفة الراسب الرملي وطول المصافي مناسب لطول غرفة الراسب الرملي .

ولما كان الغرض من أحواض فصل الرمال هو ترسيب المواد الغير عضوية فقط ، لذا يجب أن تكون سرعة المياه به في حدود تسمح لهذه المواد (وهي سرعة الرسوب) بالرسوب ولا تسمح برسوب المواد العضوية . وبذا يسهل التخلص منها دون خشية اتبعات أي رائحة كريهة منها أو خطر صحي نتيجة تحلل المواد العضوية .

وللوصول إلي هذا الغرض تصمم أحواض فصل الرمال علي الأسس الآتية:

- ١ . مدة بقاء المياه داخل الحوض من ٣٠ الي ٦٠ ثانية وقد تمتد ل ١٢٠ ثانية لاقصي تصرف الطقس الجاف .
- ٢ . سرعة المياه في الحوض ٣٠ الي ٣٥ سم / ثانية .
- ٣ . عدد الأحواض يكون اثنين علي الاقل لضمان تنظيف الأحواض بالتبادل دون توقف عملية حجز الرمال وذلك في الأحواض التي تنظف يدويا ، وكذلك في حالة الاعطال الميكانيكية والكهربية .

٤ . كمية المواد المترسبة في أحواض حجز الرمال تتراوح بين ١٠ الي ١٠٠ لتر لكل الف متر مكعب من مياه المجاري .

٥ . في حالة ترسيب المواد التي كثافتها ٢,٦٥ وحجمها ٠,٢٠ مم يكون معدل التحميل السطحي ١٢٠٠ متر مكعب / متر مربع / يوم.

٦ . لا يزيد فاقد الضغط لمياه الصرف بعد مرورها من أحواض (التصفية) فصل الرمال والمصافي عن ٥ سم ، ولذا لا تستخدم المصافي الدقيقة لتجنب زيادة الفاقد. ولما كان التصريف الوارد لأعمال المعالجة متذبذب غير ثابت ولضمان الاحتفاظ بالسرعة حوالي ٣٠ سم / الثانية بهذه الأحواض لذا تستخدم أحد الطرق الآتية :
أ — ينشأ مدار متحرك عند مخرج الحوض يرفع ويخفض تبعاً لزيادة أو نقص التصريف ، وبذا يمكن التحكم في السرعة .

ب — تنشأ أحواض فصل الرمال بسعة تجعل سرعة المياه بها ٣٠ سم / ثانية في حالة متوسط تصريف الطقس الجاف ، وينشأ بحائطها الجانبي مدار تقيض منه المياه لغرفة تصفية أخرى مجاورة عند زيادة التصريف وارتفاع منسوب المياه بها ، ويراعي أن يكون منسوب المياه من كل منهما منفصلاً.

ج — إنشاء قطاع الحوض دائرياً أو بيضاوياً ليقطع القطر الذي تدير به المياه عندما يقل التصريف ، وبذا يمكن الاحتفاظ بسرعة ثابتة تقريباً رغم اختلاف كمية التصريف الوارد.

مشاكل التشغيل التي تحدث لوحدات حجز الرمال

مثال ١ : تترك كميات كبيرة من الرمال داخل غرف إزالة الرمال مع عدم خروج تلك الرمال الي رافعة الحصى والرمال .
السبب :

١ . كاسحات الرمال تدور في اتجاه عكسي مما يسبب تجمع الرمال في الداخل،

ويحدث ذلك غالبا عند اختلاف مواضع توصيل الكوابل الكهربائية.

٢ . كاسحات الرمال متوقفة عن العمل لزيادة الحمل عليها .

العلاج

• يتم إيقاف هذا الجزء وفصله عن التشغيل وتفريغه من المياه .

• إزالة المواد المتركمة وإعادة التوصيل الكهربائي بطريقة صحيحة .

مثال ٢

خروج كميات كبيرة من الرمال الي أحواض الترسيب لو الي أحواض التهوية

السبب - سرعة تدفق المياه داخل أحواض حجز الرمال لكثرة من المطلوب،

مما لا يسمح بترسيب الرمال في الأحواض لقلة مدة المكث .

العلاج

• ضبط الألواح الخرسانية الموجودة في بداية أحواض حجز الرمال مما يسمح

بتهدئة سرعة المياه والوصول لمدة المكث اللازمة لترسيب الرمال .

مثال ٣

زيادة المواد العضوية في الرمال المتجمعة مما يسبب روائح كريهة.

السبب - غاسل الرمال Grit washer لا يعمل بشكل جيد.

العلاج

• يتم فحص غاسل الرمال للتأكد من عمله بشكل صحيح وعدم وجود أي خلل

به.

• زيادة مدة تشغيل غاسل الرمال Grit washer .

مثال ٤ خاص بمضخة الرمال

عدم تصريف الرمال المتركم بغرفة إزالة الرمال أو توقف المضخة نتيجة لزيادة

الحمل.

السبب - زيادة كمية الرمال الموجودة بمياه الصرف الصحي مثلما يحدث عند

سقوط الامطار .

- عدم تناسب مدة تشغيل المضخة مع كمية الرمال الولدة .

- وجود أو اتسدال في خطوط طرد المضخة .

العلاج

• فحص غرفة الرمال وتفريغها بواسطة مضخة خارجية وإزالة الرمال المتراكمة واعادة للتشغيل.

• رفع المضخة الي أعلي مع تركيب وصلة طرد بديلة وتشغيل المضخة حتي يتم إزالة الرمال من أسفل المضخة
• زيادة مدة تشغيل المضخة.

٥-٢ . أحواض حجز الرمال الموهوة Aerated Sand Removal

في بعض العمليات يستخدم للهواء المضغوط بأحواض فصل الرمال علي أن يكون ضغطه مناسباً بحيث لا يؤثر علي ترسيب المواد الغير عضوية ويثير ويمنع ترسب المواد العضوية ، وهو في نفس الوقت بما به من أكسجين ينشط مياه الصرف الخام الداخلة لأعمال التنقية والتي أصبحت في حالة ماسة إلي إبعاشها بالأكسجين بعد أن ظلت مدة في شبكة الصرف الصحي بعيدة عن الشمس والهواء ، كما أنه يساعد علي فصل الزيوت والشحوم وتقليل الرمال العضوية فيتم ترسيبها بسهولة.

تسير المياه في أحواض حجز الرمال الموهوة لولبيا او حلزونيا كمحصلة لتاثير حركتين ، الأولى حركة افقية من مدخل الحوض وفي اتجاه المخرج ، والثانية دائريا بفعل الهواء المضغوط .

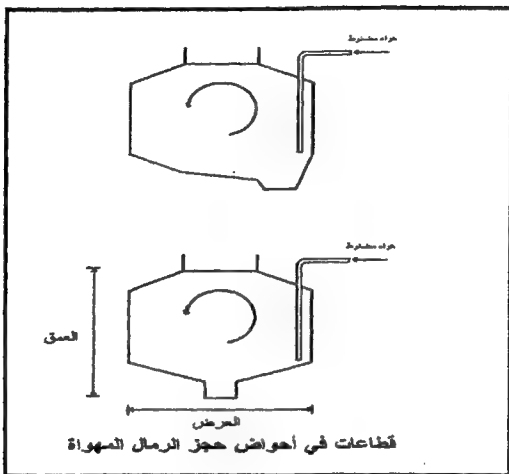
وتتأثر قوة حركة المياه في الحوض بمعدل وضغط الهواء ، ويؤثر بدوره علي كفاءة حجز الرمال ونسبة المواد العضوية التي ترسب مع الرمال ، وفي الأحواض الموهوة تكون الحركة الدورانية وليست الحركة الأفقية هي العامل الأساسي في

التحكم في كفاءة حجز الرمال علي اساس انها تعطي حركة كافية لترسيب الرمال ومنع ترسيب المواد العضوية .

ويمكن ان تتم عملية التهوية الأبتدائية في أحواض حجز الرمال المهواة بحيث تزيد مدة بقاء المياه الي فترة التهوية المطلوبة.

مميزات الأحواض المهواة

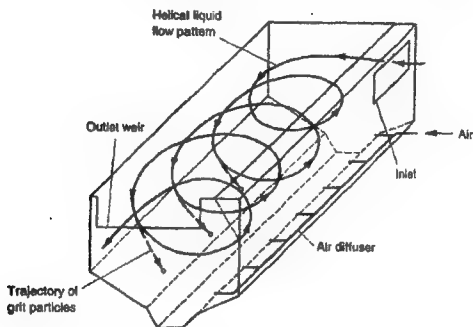
- أ - تساعد عملية الحركة الأفقية والراسية في غسيل حبيبات الرمال من المواد العضوية فتقل نسبتها في الرمال المترسبة بدرجة كبيرة .
 - ب - تساعد عملية التهوية في إزالة اثار التحلل اللاهوائي المحتمل حدوثه في شبكات الصرف الصحي .
 - ج - تساعد عملية التهوية في فصل بعض الزيوت والدهون حيث يعمل الهواء علي جعلها تطفو وتتفصل بسهولة وخاصة اذا كانت نسبته قليلة .
 - د - لا تتغير سرعة المياه بدرجة كبيرة مع تغير معدلات الصرف ، وبالتالي لا تتأثر كفاءة الأحواض بذلك التغير .
 - هـ - تكون السرعة في الحوض بالإضافة لعملية التقليب والحركة كافية ومناسبة لترسيب الرمال وعدم ترسيب المواد العضوية .
- ويوضح الشكل التالي قطاعين في الأحواض المهواة .



أسس تصميم أحواض حجز الرمال المتهواة

١. عمق الحوض من ٢ الي ٥ متر ، وطوله من ٧,٥ الي ٢٠ متر وعرضه من ٢,٥ الي ٧ متر .
٢. نسبة عرض الحوض الي عمقه تتراوح من ١ : ١ الي ١ : ٥ .
٣. نسبة طول الحوض الي عرضه يتراوح من ١ : ٣ الي ١ : ٥ .
٤. السرعة الأفقية للمياه ٠,٦ الي ٠,٨ متر لكل ثانية .
٥. معدل التحميل السطحي من ١١٠٠ الي ١٢٠٠ متر مكعب/ متر مربع/ يوم.

٦. كمية الهواء التي تضخ أو تضغط في حوض حجز الرمال المهواة من ٤ لي
٨ لتر في الثانية لكل متر طولي من حوض حجز الرمال المهواة .
٧ . مدة بقاء المياه داخل الحوض من ٤ الي ١٠ دقيقة حسب درجة تلوث الرمال.
٨ . يمكن انشاؤها مكعبة الشكل تقريبا بحيث يساعد الهواء لمضغوط في توفير
الحركة اللازمة لترسيب الرمال ، وتعويم المواد العضوية ومنع ترسيبها.
والشكل التالي يبين احد احواض حجز الرمال المهواة ومسارات دخول الهواء
وانتشاره وتدفعه وخروجه ونمط تنفق المياه داخل الحوض .



شكل ٢-٧ يبين احد احواض حجز الرمال المهواة

Source: Crites and Tchobanoglous, 1998

٦-٢. الترسيب بالجاذبية (الترسيب الطبيعي) Sedimentation

يعد الترسيب بالجاذبية للمواد العالقة لمياه الصرف الصحي من أهم الطرق الفيزيائية لمعالجة مياه الصرف ، والغرض من الترسيب هو التخلص من المواد العضوية العالقة بمياه الصرف بفعل الجاذبية الأرضية فتسقط بتأثير ثقلها إلى قاع

الحوض حيث تتجمع ويتلخص منها ، ولذا سميت بعملية الترسيب العادية أو الترسيب الميكانيكي ، ولما كانت المواد العضوية خفيفة الكثافة النوعية لذا فيحتاج إلى سرعة بطيئة بالحوض وطول مناسب له لإعطائه الفرصة للرسوب فكلما قلت سرعة المياه وطالت مدة بقائها بالحوض كلما حصلنا على نسبة عالية من الترسيب .

وعند تصميم خزانات الترسيب، من الأهمية الحصول على مياه خارجة نقية وحماة مكثفة.

وللحصول على نسبة عالية للترسيب ، استعملت طريقة ملء وتفريغ الحوض ويتم ذلك بملء الحوض بمياه الصرف الواردة إلى ثم نترك دون حركة للمدة اللازمة لترسيب النسبة المطلوبة من المواد العالقة ، ثم تسحب المواد الراسبة ، وبعد ذلك يفرغ الحوض مما به من مياه ، ويعاد ملؤه ثانية وتكرر العملية ، وهكذا - وبذا نحصل على سرعة صفر للمياه بالحوض ومدة البقاء المقررة - إلا أنه لكثرة تكاليف إنشاء هذه العملية ولارتفاع تكاليف تشغيلها ولضياع الوقت في الملء والتفريغ أصبحت هذه الطريقة غير مستخدمة حالياً.

وبالنسبة لعمليات الترسيب العادي أو ما يعرف بالترسيب الجاذبية لمياه الصرف الصحي فلا بد من معرفة أنواع الترسيب الأخرى التي تطبق لمعالجة المياه أو معالجة مياه الصرف الصحي

أنواع الترسيب

عموماً قسم العلماء الترسيب إلى أربعة أنواع يمكن حدوثها

النوع الأول Plain Sedimentation

ترسيب الجسيمات العالقة بتأثير الجاذبية طبقاً لقانون ستوك ويسمى بالترسيب الطبيعي والغرض منه إزالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة والطينية والقابلة للترسيب في المياه وذلك في أحواض خاصة تمر فيها المياه فترة معينة وتحت

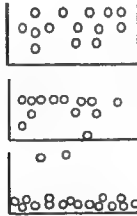
ظروف تساعد علي هبوط المواد العالقة الي قاع هذه الأحواض وذلك دون الاستعانة باي كيمياويات مساعدة وتسمى هذه الأحواض بأحواض الترسيب الابتدائي .

النوع الثاني Flocculant's sedimentation

ترسيب الجسيمات بنائير المواد المروية والمزغيات ، حيث تتحول الجسيمات السي مواد مزغبة قابلة للترسيب في الأحواض

النوع الثالث الترسيب المكاني Zone Settling

عند تركيز معين من مواد الترغيب تلتصق الجسيمات العالقة ببعضها البعض بفعل قوي التجاذب والتلاصق فيما بينها وتتحد وتتجمع معا وترسب كوحدة واحدة. وقد يحدث ذلك في عدم وجود مواد الترغيب ، حيث انه عند تركيز معين من الجسيمات لطافية تكون قريبة جدا من بعضها البعض بشكل يزيد من قوة التجاذب بين هذه الجسيمات مما يجعلها ترتبط مع بعضها البعض بقوة داخلية وترسب معا ككتلة واحدة مترابطة.



شكل ٨-٧ مخطط يشرح عملية الترسيب المكاني

النوع الرابع (قوة التضاضط) الترسيب بالتضاضط Compressive Settling

ويحدث غالبا عند التركيز العالي للمواد الصلبة العالقة ، ويلاحظ انه عند وجود تركيزات عالية من الجسيمات العالقة تلتصق ببعضها البعض ويزداد وزنها ويضغط علي المياه ويتم الهبوط والترسيب .

وعامة يحدث النوع الاول والثاني في أحواض الترسيب الابتدائي ، والنوع الثالث في أحواض الترسيب النهائي بينما يحدث للنوع الرابع في أحواض تكثيف وتغليظ الحماة.

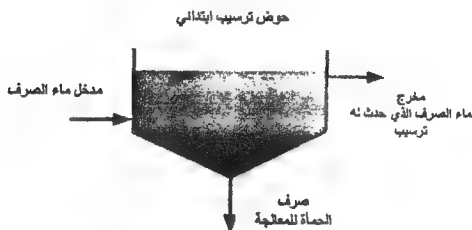
وعموما الترسيب الذي يحدث في مشاريع مياه الصرف من خلال أحواض للترسيب الابتدائي وهو ما يعرف بلترسيب الابتدائي والترسيب النهائي للإشارة للترسيب الذي يحدث داخل أحواض للترسيب النهائي.

Primary Sedimentation الترسيب الابتدائي ٢-٦-١

هو أحد مراحل المعالجة الابتدائية الهامة وهدفه هو للتخلص من المواد الصلبة العالقة بالترسيب والمواد القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه المجاري في حالة هدوء لفترة من ١ الي ٤ ساعات، حيث تتمكن الجزيئات القابلة للرسوب للنزول الي القاع والمواد الخفيفة للوزن بالطفو للمسطح ، وبذلك يمكن التحكم في جمعها وإزالتها تاركة مياه المجاري رائقة نسبيا من غالبية المواد الغير عضوية والقليل من المواد العضوية التي تحتويها .

وتستقبل أحواض الترسيب الابتدائي المياه بعد حجزها من المصافي ومرورها بأحواض حجز الرمال لحجز الرمال والحصى وبعد ان يتم التخلص من الاجسام العالقة والطافية الكبيرة طبقا لحجم الفتحات في المصافي ، وترفع المياه بظلمبات حلزونية الي تلك الأحواض.

الشكل التالي يبين دخول مياه الصرف وخروجها من حوض الترسيب ومخرج الرواسب الصلبة (الحمأة) . تتسبب المواد الصلبة داخل الحمأة ، .



شكل ٩-٢ مخطط لعملية الترسيب داخل حوض الترسيب

نظرية الترسيب

الترسيب هو التخلص بفعل الجاذبية من المواد العالقة والتي يزيد وزنها عن الوزن النوعي للماء . وتزداد كفاءة الترسيب مع زيادة حجم الاجسام العالقة وزيادة كثافتها النوعية كما في حالات الترسيب العادي plain sedimentation ويتم الترسيب العادي بتأثير الجاذبية طبقا لقانون ستوك Stock s law

$$S = \frac{1 \times g (P_s - P) D^2}{18 \nu}$$

حيث

S سرعة ترسيب سم/ ث

g عجلة الجاذبية الأرضية

ν اللزوجة بالسنتمتر المربع في الثانية

P الوزن النوعي للماء

Ps الوزن النوعي للمواد العالقة

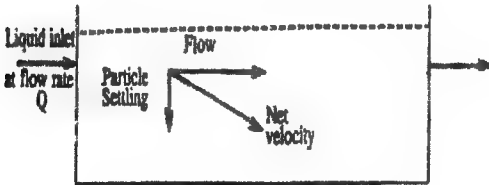
D قطر حبيبات المواد العالقة

وحيث ان السائل هو الماء اذن كثافة السائل = 1 ، فتصبح المعادلة

$$S = \frac{1 \times g (P_s - 1) D^2}{18 \nu}$$

من هذه المعادلة نرى انه كلما زاد الوزن النوعي للجسام العالقة زادت سرعة ترسيبها ، وكلما زادت لزوجة الماء انخفضت سرعة الترسيب ، كلما زاد قطر الجسم العالق زادت سرعة ترسيبه وكذلك نسبة التخلص من الاجسام العالقة مع زيادة زمن الترسيب .

والشكل التالي يبين عملية الترسيب من خلال محصلة القوي حيث يتبين ان محصلة التدفق الافقي للمياه داخل حوض الترسيب مع محصلة قوة الجاذبية الارضية والتي تجذب الجسيمات الي الرسوب الي اسفل ينتج عنها ترسيب الجسيمات العالقة الي اسفل .



شكل ١٠-٢ مخطط لمحصلة القوي لعملية الترسيب

العوامل المؤثرة على عملية الترسيب

أولا اللزوجة

لزوجة الماء تقل مع ارتفاع درجة الحرارة حيث ان الحرارة تعمل على تقليل قوي التجاذب بين الجزيئات ومن ثم يزداد معدل ترسيبها.

والجدول التالي يبين العلاقة بين درجة الحرارة واللزوجة ،وقد لوحظ من علاقة درجة الحرارة باللزوجة انه اذا انخفضت درجة الحرارة من ١٠ الى صفر ترتفع لزوجة الماء من ١,٣ الى ١,٧٨ سم^٢/ث ، وتقل سرعة الترسيب تبعاً لذلك ،وطبقاً لقانون ستوك فان السرعة تزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة للماء ، ومن الملاحظ هنا ان تأثير ارتفاع درجة الحرارة على سرعة الترسيب أكبر من تأثير زيادة الكثافة النوعية .

جدول ٢-٤

درجة حرارة الماء درجة مئوية	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠
اللزوجة سم ^٢ / ث	١,٧٨	١,٣٠	١	٠,٨	٠,٦٥	٠,٥٩

ثانياً القطر والوزن النوعي للجسيم العالقة

طبقاً لمعادلة ستوك فانه كلما زاد قطر المواد العالقة زادت سرعة ترسيبها في المياه والجدول التالي رقم ٢-٤ يوضح سرعة ترسيب مواد مختلفة عالقة بالمليمتر في الثانية عند درجة حرارة ١٠ مئوية لحوض ترسيب عمقه ٣ متر والماء به ساكن . وايضاً سرعة ترسيبها عند كثافات مختلفة .

جدول ٢-٥

المادة العالقة	القطر بالمليمتر ١مم = ١٠٠٠ ميكرون	سرعة الترسيب بالمليمتر في الثانية	
		للاجسام ذات الكثافة ٢,٦٥	للاجسام ذات الكثافة ١,٢
رمل خشن	٠,٦-١	٦٣-١٠٠	٧,٢-١٢
رمل متوسط	٠,٣-٠,٥	٣٢-٥٣	٣,٦-٦
رمل ناعم	٠,١-٠,٢	٨-٢١	١,٢-٢,٤
رمل ناعم جدا	٠,٠٥-٠,٨	٢,٩-٦	٠,٢١-٠,٤٥
طيني	٠,٠١-٠,٠٤	٠,١٥٤-٢,١	٠,٠٨٤-٠,١٣
طيني ناعم	٠,٠٠٥-٠,٠٠٨	٠,٠٣٥-٠,٠٩١	٠,٠٢١-٠,٠٠٥٤
طفلة	٠,٠٠١٥-٠,٠٠٤	٠,٠٠٣٥-٠,٠٢١	٠,٠٠٠١٩-٠,٠٠١٣
طفلة ناعسة	٠,٠٠٠١-٠,٠٠٠١	٠,٠٠٠١٥٤-٠,٠٠٠١٥٤	٠,٠٠٠٠٠٠٨-٠,٠٠٠٠٠٠٠٨٤
اجسام هلامية	أقل من ٠,٠٠٠١	لا ترسب إطلاقا	لا ترسب إطلاقا

ويلاحظ من الجدول السابق مايلي :

- انه كلما زاد قطر المادة العالقة كلما زاد سرعة ترسيبها .
- انه كلما زادت كثافة المادة العالقة كلما زادت سرعة ترسيبها .

ثالثا قدم مياه الصرف

المواد الصلبة تترسب في المياه القديمة المتعفنة بدرجة أقل من المياه الطازجة الحديثة لان التكسير البيولوجي للمواد في مياه الصرف القديمة يقل وينقص من حجم الجسيمات والجزيئات ، وايضا المواد الهلامية الناتجة عن التفاعلات

البيولوجية تجعل بعض الجسيمات تطفو فوق سطح المياه ومن ثم تقلل من عملية ترسيبها .

رابعاً خواص وطبيعة الجسيمات

الجسيمات ذات الكثافة الاعلى تترسب بسهولة عن الجسيمات الخفيفة ، والاجسام التي لها مساحة سطح كبيرة بالنسبة لوزنها تترسب بدرجة اقل نسبيا من الاجسام ذات مساحة السطح الاقل بالنسبة لوزنها .

والجسيمات ذات الاشكال غير المنتظمة تترسب ابطيء من الجسيمات المنتظمة الشكل لان الجسيمات غير المنتظمة الشكل تحتوي علي تجاويف كثيرة .

وعموما حجم وشكل وكثافة الجسيمات العالقة تعتمد علي شبكة المجاري وانسواع نظم الصرف والممرات داخل نظم المعالجة وايضا شبكة تجمع المجاري وقدم وحداثة مياه الصرف، بالإضافة الي ان بعض انظمة المعالجة التمهيدية كالضخ تؤثر علي شكل وطبيعة الجسيمات العالقة وقد تقلل من قدرتها علي الترسيب.

خامسا الحرارة

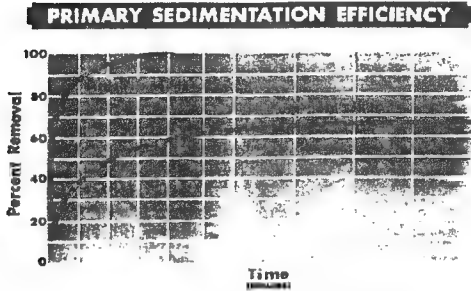
كفاءة الترسيب الابتدائي تقل عموما في الشتاء لزيادة لزوجة المياه في درجات الحرارة المنخفضة فيزداد العمليات والنشاط البيولوجي بازدياد درجة الحرارة فمياه لمجاري تأتي من شبكات التجميع طازجة وتدخل احواض الترسيب الابتدائي التي قد ينشط بها عمليات انتاج الغازات وهي عمليات بيولوجية مما يؤدي الي الابطاء من عملية الترسيب.

سادسا زمن الترسيب

يعد الزمن اللازم لحدوث عملية للترسيب عاملا مهما مؤثرا في العملية فبداية عملية الترسيب تختلف عن نهايتها من حيث معدل الترسيب ونوعية المواد المترسبة فتميل المواد القابلة للرسوب Setttable Solids الي الرسوب سريعا داخل الأحواض

وايضا المواد العالقة الكبيرة والثقيلة تترسب سريعا بمعدل اكبر من المواد العالقة الصغيرة والدقيقة .

والشكل التالي يبين كفاءة الترسيب الابتدائي مع الزمن.



شكل ١١-٢ كفاءة الترسيب الابتدائي للمواد القابلة للترسيب والمواد العالقة مع الزمن

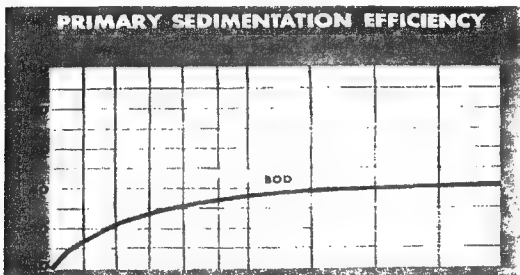
ونلاحظ من هذا الشكل أن ترسيب المواد القابلة للترسيب يبدأ سريعا ونسبة التخلص منها اعلي من المواد العالقة.

في بداية زمن الترسيب وذلك لان المواد القابلة للترسيب أكبر في الحجم واتقل وزنا لذا ترسب اسرع وبنسبة كبيرة في وقت قصير نسبيا .

ومع مرور الوقت يبدأ ترسيب المواد العالقة مع الزمن لان حجم حبيباتها اصغر في الحجم واقل وزنا ويلاحظ انها مع الزمن يزداد معدل ترسيبها ونسبة التخلص منها الي وقت وزمن معين يكون معدل ترسيبها بمرور الزمن شبه ثابت.

ويؤثر الزمن ايضا في كفاءة ازالة المواد العضوية من حوض الترسيب وهذا ما يوضحه الشكل التالي الذي يبين كفاءة احواض الترسيب الابتدائي في ازالة الاكسجين الحيوي المستهلك (المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا) بمرور الزمن.

والسبب في ذلك ان نسبة كبيرة من المواد العالقة الت يتم ترسيبها في احواض الترسيب الابتدائي ذات طبيعة عضوية وبالتالي فان ازالة المواد العالقة يصحبه ازالة للمواد العضوية الموجودة في المياه .



شكل ١٢-٢ كفاءة الترسيب الابتدائي في ازالة الاكسجين الحيوي المستهلك بمرور الزمن

ويلاحظ انه مع مرور الزمن تزداد نسبة الازالة تدريجيا الي ان تصل الي درجة معينة تكون فيها نسبة الازالة شبه ثابتة وذلك لان قدرة حوض الترسيب الابتدائي في ازالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا تتراوح بين ٣٠ الي ٤٠ % .

العوامل الهندسية المؤثرة علي كفاءة الترسيب الابتدائي

والترسيب الابتدائي ينجح في التخلص من حوالي ٥٥ - ٦٠% من المواد الصلبة العالقة SS ، وحيث ان هذه المواد الصلبة العالقة تحتوي علي مواد عضوية قابلة

للتحلل بيولوجيا ، فالترسيب الابتدائي يقوم بالتخلص من ٣٠. والذي يعبر عنه بالأكسجين الحيوي المستهلك BOD - ٣٥ % من هذه المواد العضوية .

وايضا يتم داخل أحواض الترسيب الابتدائي ازالة الجسيمات الطافية المسماة بالزبد او الغثاء حيث تطفو فوق أحواض الترسيب ويتم كشطها وازالتها .

فمثلا بفرض ان المياه الداخلة لاحوض الترسيب الابتدائي تحتوي على ٣٥٠ ملليجرام / لتر من المواد العالقة ، ٢٠٠ ملليجرام BOD, اكسجين حيوي مستهلك فان المواد الخارجة من حوض الترسيب تحتوي عل ١٥٠ ملليجرام مواد عالقة TSS ٣٠٠ ملليجرام من BOD وهذه المياه المنتجة تكون صالحة لصرفها مباشرة في البحر بدون معالجة اخري بطريقة معينة حيث يمكن لمياه البحر استيعابها داخل منظومتها البيئية .

ولكي يتم ترسيب أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة لابد ان تتوفر عوامل هندسية مختلفة في تصميم وتشغيل أحواض الترسيب ومن هذه العوامل :

(أ) السرعة الأفقية للمياه في الاحوض.

(ب) المساحة السطحية للأحواض.

(ج) مداخل الأحواض ومخارجها.

(د) طريقة سحب الرواسب من الأحواض.

ويضاف الي هذه العوامل عوامل اخري خاصة بخصائص المياه ومكوناتها وطريقة التشغيل لعمليات الترسيب منها :-

١- تركيز المواد العالقة في المياه.

٢- شكل المواد العالقة.

٣- حجم المواد العالقة.

٤- كثافة المواد العالقة.

٥- مدة بقاء المياه في الحوض.

٦- سرعة جريان المياه في الحوض.

٧- المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول الي العرض.

٨- التيارات الثانوية.

٩- اختصار المياه لمسارها.

١٠- طريقة تنظيف الحوض من لرواسب.

١. تركيز المواد العالقة

هذا التركيز يمكن ان يزيد من كفاءة عملية الترسيب، نظرا لاحتمال تصادم الحبيبات العالقة ببعضها مما قد يسبب التحامها في حبيبات اكبر ومن ثم يكون ترسيبها اسهل واسرع ،مما يعني أنه بزيادة تركيز المواد العالقة في المياه تزداد أحتمالية وكفاءة الترسيب.

٢. شكل المواد العالقة

كلما اقترب شكل الحبيبات العالقة من الشكل الكروي كلما كان ترسيبها أسرع واكفاً (نظرا لانه كلما زادت كروية الشكل كلما قل احتكاكه بالوسط المحيط وهو المياه وبالتالي لا يجد مقاومة في الترسيب ويترسب اسرع).

٣. حجم المواد العالقة

الترسيب الطبيعي يعتمد علي حجم المواد الصلبة ، فالنسبة للاحجام الصغيرة للمواد العالقة لكي تترسب لمسافة ١٠٠ سم داخل الحوض :-

تحتاج المواد بقطر ١ مم الي ٦ ثواني

والمواد بقطر ٠,١ مم الي ثلاث دقائق

والمواد بقطر ٠,٠١ مم الي ثلاث ساعات

والمواد بقطر ٠,٠٠١ مم الي ٣٠٠ ساعة

والمواد بقطر ٠,٠٠٠١ مم الي ١٥٠٠ يوم.

٤. كثافة المواد العالقة

الكثافة تعني كتلة في حجم معين عند درجة حرارة معينة ، ومن ثم فانه كلما زادت كثافة الحبيبات الصلبة زادت كتلتها وبالتالي زادت سرعة هبوطها ، وكلما زادت سرعة الهبوط زادت كفاءة الترسيب ، ومن هنا نستطيع القول انه بزيادة كثافة المواد العالقة تزداد كفاءة الترسيب .

٥. مدة بقاء المياه في الحوض Detention Time

هي الفترة الزمنية التي تمكثها كمية معينة من المياه من لحظة دخولها حوض الترسيب الي لحظة خروجها منه ، وهي النسبة بين حجم الحوض وتصرف المياه خلال زمن معين ، وتتراوح من عدة دقائق الي بضع ساعات تبعا لنوعية أحواض الترسيب من جهة وطبيعة المياه والمواد العالقة من جهة اخري . ويمكن رسم وتحديد علاقة بين كفاءة الترسيب ومدة بقاء المياه داخل الحوض ، وقد وجد ان معدلات الترسيب تزيد كلما زادت مدة بقاء المياه داخل حوض الترسيب وذلك الي حد معين يبدأ عندها معدلات الترسيب في التناقص بزيادة مدة البقاء ، وهذا يعني ان زيادة المدة اكثر من اللازم ، لا يزيد من كفاءة الترسيب الا بنسبة صغيرة .

فمثلا ان كفاءة الترسيب بعد ساعتين تصل الي ٦٥ - ٧٠ % ، فاذا مضاعفنا مدة بقاء المياه في الحوض الي اربعة ساعات تصل كفاءة الترسيب الي ٧٥ % اي حوالي ٨ % فقط لا تبرر مضاعفة تكاليف انشاء وتشغيل احواض جديدة. ومن المهم ذكر كل من مدة البقاء (المكث) النظرية ومدة البقاء الفعلية. مدة البقاء النظرية أو مدة المكث النظرية :

هي المدة النظرية المفروض أن تمكثها نقطة مياه بالحوض ، وبمعني آخر هي المدة التي تلزم لنقطة المياه التي تقطع فيها المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه بالسرعة النظرية .

مدة البقاء الفعلية :

هي المدة الفعلية التي تقطع فيها نقطة المياه المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه. وقد استخدمت عدة أنواع من أحواض الترسيب (خلافاً لطريقة الملء والتفريغ) يستمر فيها سريان الماء بالحوض ، وروعي في تصميمها أن تكون سرعة المياه بها بطيئة ومدة بقائها بها كافية بحيث تسمح بتسحب ترسيب غالبية المواد العالقة بمياه الصرف — وصممت في بادئ الأمر بسعة تسمح بمدة بقاء نظرية ٢٤ ساعة لتقصت تدريجياً حتى أصبحت في بعض الحالات ساعة واحدة ، ويرجع السبب ذلك إلى أن كثير من المواد العالقة ترسب في الساعة الأولى وغالبيتها ترسب في الثلاث الساعات الأولى من بدء عملية الترسيب ، وبعد ذلك نقل كمية للراسب منها كثيراً مما لا يتناسب مع زيادة سعة الأحواض وبالتبعية زيادة تكاليف إنشائها ، هذا علاوة على أن بقاء مياه الصرف مدة طويلة بهذه الأحواض بعيدة عن الشمس والهواء اللهم إلا الطبقة السطحية بالحوض إن لم تكن مغطاة بالخشب) يزيد في درجة تعفنها وتعقيدها ، مما يزيد من تكاليف معالجتها في الخطوات التي تلي عملية الترسيب . هذا بالإضافة إلى ما ينبعث منها من رائحة كريهة للغاية .

٦- سرعة جريان المياه في الحوض

كلما قلت سرعة الماء في الحوض زادت كفاءة الترسيب . ويفضل ألا تتجاوز هذه السرعة ثلاثين سنتيمتراً في الدقيقة (٣٠ سم / دقيقة) أو من عشرين إلى أربعين ضعف سرعة هبوط الحبيبات العالقة المراد ترسيبها .

٧. المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول إلى العرض

افترض العالم هيزن تقسيم للحوض المثالي للترسيب الجيد إلى أربعة مناطق :-
منطقة المدخل حيث يتم توجيه المياه لتسير بانتظام بكامل قطاع الحوض ، منطقة الترسيب حيث تسير المياه بسرعة صغيرة كافية لترسيب المواد العالقة ، منطقة المخرج حيث يتم توجيه المياه لتخرج من مدار المخرج ، ومنطقة الرواسب حيث

يتم تجميع الرواسب.

وطبقاً لهذا التقسيم فإن كفاءة الترسيب تعتمد علي المساحة السطحية وسرعة هبوط المواد العالقة والتصرف الداخل الي الحوض ، وعملياً لابد من مراعاة النسبة بين طول الحوض وعرضه لما في ذلك من تأثير علي كفاءة الترسيب ، حيث ان عدم الانتظام بين نسبة الطول والعرض يؤدي الي عدم انتظام دخول المياه الي الحوض وخروجه منه مما قد يولد تيارات ثانوية او مناطق مشلولة في الأحواض العريضة نسبياً مما يقلل من كفاءة الترسيب .

وعموماً فإن الاتجاه السائد حالياً الي انشاء احواض الترسيب للدائرية لما لها من كفاءة اكثر من الأحواض المستطيلة وقلة مشاكل تشغيلها وصيانتها .

٨. التيارات الثانوية

هذه التيارات تنشأ من التغير في درجات حرارة الماء انثناء تواجد في الماء فترة طويلة وما يستتبع ذلك من تيارات حمل حرارية ، وقد تنشأ هذه التيارات بفعل الرياح في الأحواض الكبيرة نسبياً وعند مداخل ومخارج الأحواض وهذه التيارات الثانوية تقلل من كفاءة الترسيب .

كما ان اختلاف درجة حرارة المياه الداخلة الي الحوض عن درجة حرارة المياه الموجودة به يؤدي الي تولد التيارات الثانوية والمناطق المشلولة (يحدث عندها اقل ترسيب ممكن) .

فاذا كان الماء الداخل اعلي حرارة من الماء الموجود كان سير الماء مخلفاً منطقة مشلولة عن المخرج ، اما اذا كان الماء الداخل اقل حرارة من الماء الموجود كان سير الماء مخلفاً منطقة مشلولة عند المدخل .

٩. اختصار المياه لمسارها

وهذا يحدث عند عندما تكون درجة حرارة المياه الداخلة الي الحوض اعلي من درجة حرارة المياه الموجودة فعلاً في الحوض وبذلك تكون اقل كثافة عندئذ وتطفو

المياه الداخلة فوق المياه الموجودة في الحوض - ولا تمتزج المياه جيداً داخل الحوض مما يسبب سرعة جريان المياه في الأحواض وبالتالي نقص في مدة بقاؤها في الحوض ومن ثم انخفاض في كفاءة الترسيب .

١٠ . طريقة تنظيف الحوض من الرواسب

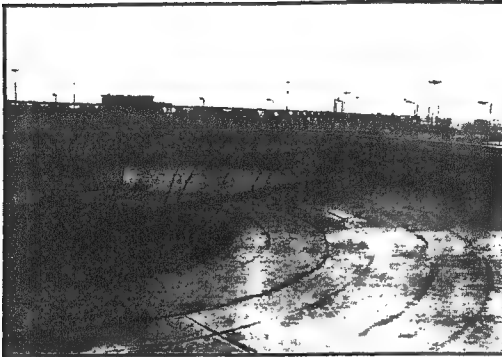
يجب اتباع طريقة جيدة لتنظيف الحوض من الرواسب لا تسبب عطلاً في تشغيل الحوض أو تسبب اضراراً للرواسب في القاع عند تجميعها - مما يجعلها تعود للمياه مرة أخرى كمواد عالقة لم ترسب بعد ، كما إن تباعد الفترات في عملية إزالة الرواسب وتجميعها قد يؤدي إلى تحللها لاهوائياً وتوالد بعض الغازات الغير مرغوب فيها فتتصاعد هذه الغازات حاملة معها بعض الرواسب من القاع مما يؤثر على كفاءة الترسيب.

وهذا التعفن يكون بسبب نشاط البكتريا اللاهوائية مع الحمأة . وينتج عن ذلك تصاعد فقاعات من الغازات المتصاعدة التي تلتصق بجزيئات المواد القابلة للترسيب وتعمل كموامات تمنع مثل هذه المواد من الرسوب للقاع .

ويفضل سحب الحمأة لمدة قصيرة وفي فترات متقاربة عن سحبها لمدة طويلة وفترات متباعدة ، وأفضل الطرق إذا لمكن ضبط معدل سحب الحمأة بصفة مستمرة . ويجب مراعاة أن تكون معدلات سحب الحمأة بطيئة لأن زيادة سرعة السحب بفتح صمام التحكم بسرعة يؤدي لخروج قليل من الحمأة وكثير من الماء ، وتيار الماء الخارج بسرعة لا يسمح للحمأة اللاصقة بجدران منطقة تجميع الحمأة في حوض الترسيب بالخروج.

أحواض الترسيب الأبتدائي

توجد أنواع عديدة من أحواض الترسيب ، ويتوقف اختيار أي منها على عوامل عديدة منها حجم التصريف المراد معالجته وطبوغرافية موقع أعمال المعالجة ونوع تربته مع مراعاة الناحيتين الفنية والاقتصادية



صورة لأحد أحواض الترسيب الدائرية فارغا يبين بعض من مكوناته

وتنقسم غالبية أنواع أحواض الترسيب إلى الأنواع التالية :

- أ - من حيث إتجاه سير المياه : رأسي - أفقي - دائري
 - ب - من حيث شكل الحوض : مستطيل - مربع - دائري
 - ج - من حيث طريقة سحب الحمأة : بدوي - ميكانيكي - بضغط المياه
 - د - من حيث مناسب قاع الحوض : أفقي - بميل بسيط - هرمي شديد الميل
- شروط أحواض الترسيب

يراعي عند إنشاء أحواض الترسيب أن تستوفي الاشتراطات الآتية

- أ - أن تكون السرعة بها بطيئة في حدود تسمح للمواد العالقة بالرسوب.
- ب - أن تكون مدة البقاء الفعلية كافية لرسوب المواد العالقة إلى قاع الحوض قبل وصولها لمخرجة ، مع مراعاة ألا تكون مدة البقاء سبباً في زيادة نسبة تعفن مياه الصرف بالحوض زيادة كبيرة .

ج - أن تكون مدة البقاء الفعلية أقرب إلي مدة البقاء النظرية اللازمة.

د - ألا يسمح للخبث الطافي بالخروج مع السيب الخارج من الحوض .

هـ - عدم السماح بأي حركة في قاع الحوض تثير ما يرسب به .

و - أن يختار نوع الحوض مناسباً لتربة الموقع وظروفه ونوع وكمية مياه الصرف المطلوب معالجتها بحيث تكون أقل الأنواع في تكلفة إنشائها وتشغيلها وصيانتها مع الحصول علي نسبة الترسيب المطلوبة .

لذا فكل الجهود موجهة إلي توفير هذه المميزات بأحواض الترسيب للحصول علي حوض الترسيب المثالي . وأكثر أنواع الترسيب استخداماً هي الأحواض المستطيلة المسماة بأحواض ليبزج والأحواض الدائرية المسماة دورتمند.

أحواض الترسيب الأبتدائي المستطيلة (ليبزج) :-

كانت تنشأ بعمق حوالي ٥ أمتار وبطول يتراوح بين ثلاث إلي أربع أمثال العرض ومدة بقاء ٢٤ ساعة خفضت إلي ١٢ ساعة ثم إلي أربع ساعات وحالياً تصمم علي مدة بقاء تتراوح بين ساعة وثلاث ساعات .

وقد لوحظ إن المياه بهذه الأحواض لا تسير بكامل قطاع الحوض بل تسير في حيز ضيق منه ، إما بأعلاه إن كانت درجة حرارة مياه الصرف الداخلة إليه أعلي من درجة حرارة المياه الموجودة بداخله ، أو بأسفله إن كانت درجة حرارة المياه الداخلة للحوض أقل من درجة حرارة مياه الحوض ؛ فتثير بذلك ما تم ترسيبه من مواد بقاع الحوض . ولصغير القطاع الذي تسير به المياه فالسرعة الفعلية بالحوض تزيد كثيراً عن السرعة التصميمية (النظرية) ، وبالتبعية فمدة البقاء أقل بكثير من المدة اللازمة ، وتكون النتيجة قلة الترسيب وضعف كفاءة الحوض ، كما لوحظ خروج المواد الطافية مع السيب الخارج.

ولما كان الحيز الذي تسير به المياه بالحوض صغيراً بالنسبة إلي عمقه فقد رأي

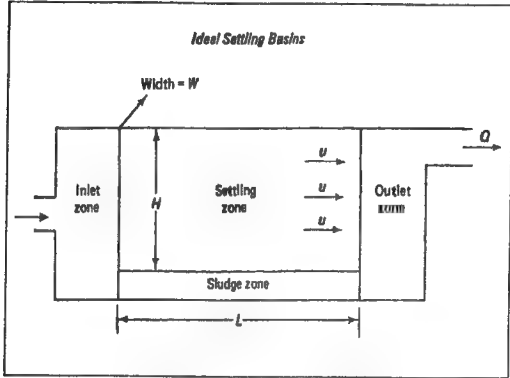
المصممون توفيراً للتكاليف أن يكتفي بعمق بسيط وتغالوا في تصغير عمق الحوض فصمموا الحوض بعمق حوالي ١ متر ، وزادوا من عرضه لتقليل السرعة ، وصمم طول الحوض بما يسمح بالحصول علي مدة البقاء اللازمة ظناً منهم أن هذه الطريقة تعطي سرعة بطيئة ومدة بقاء كافية وكفاءة عالية ، إلا أن هذه الطريقة أعطت نتيجة عكسية لما كان منتظراً ؛ إذ انخفضت كفاءة ترسيب الحوض وأتضح أن هذا العمق البسيط يسبب إثارة دائمة لما قد يرسب بقاع الحوض من مواد ، لذا بعد عدة تجارب وجد أنه يجب ألا يقل عمق الحوض عن ٢,٥ متر وألا يزيد عن حوالي ٣,٥ أمتار.

كما وجد أن إنشاء حاجزين بطول عرض الحوض أحدهما قريب من المدخل والآخر قريب من المخرج وكل منهما (ساقط) تحت سطح منسوب المياه بحوالي ٥٠ سم يزيد من كفاءة ، فحاجز المدخل يوقف انفعال سرعة المياه الداخلة للحوض ويلزمها بالاتجاه نحو سفلة مما يساعد علي عملية الترسيب . وحاجز المخرج يحجز المواد الطافية من الخروج مع السيب الخارج.

ولقد تحسنت بذلك كفاءة أحواض الترسيب إلا أنه استمر وجود عمق بالحوض غير مستفاد به علاوة علي ما تنتيره المياه الداخلة (ذات درجة الحرارة الأقل من درجة حرارة المياه الموجودة بالحوض) للمواد الراسبة بقاعة ، والشكل رقم (٢) يوضح خط سير المياه بحوض ترسيب مستطيل مزود بحاجزي المدخل والمخرج .

ويجب أن ينشأ أكثر من حوض ترسيب لمقابلة التصريف الوارد وعدم الاعتماد علي حوض واحد لمرونة التشغيل ، ولإمكان تفرغ أحدهما لتنظيفه أو إصلاحه أو لأي سبب آخر دون أن يحدث تأثيراً كبيراً علي كفاءة عملية الترسيب ، أما إن كان التصريف ضئيلاً فلا مفر من الاكتفاء بحوض واحد ويجب تجنب إنشاء الأحواض كبيرة المسطح لتجنب فعل التيارات الهوائية بالأحواض وتنظيف الحمأة يدوياً وغالباً ما تنظيف ميكانيكياً بواسطة زحافة تدار بقوى كهربائية بسيطة (حوالي

٢ حصان) ، وتسير على قضبان ، ويمكن استعمال زحافة واحدة لعدة أحواض متجاورة ، وللزحافة مشطان الأسفل لتنظيف قاع الأحواض من الحمأة والأخضر علوي لتجميع الخبث من السطح.



شكل ٢-١٣ مخطط يبين تكوين احد احواض الترسيب المستطيلة

والشكل السابق يبين تكوين احد احواض الترسيب المستطيل وفيها توجد المياه بحيث تسير في الحوض أفقياً بسرعة لا تصل إلى الحد الأدنى الذي يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة في الحوض: وهذه الأحواض مستطيلة في المسقط الأفقي وهي الأكثر استعمالاً في عمليات الترسيب الطبيعي كما هو مبين بالرسم التخطيطي

ويتكون الحوض من ٤ مناطق:

- المنطقة الداخلية: وفيه يتم توزيع المياه على المقطع الأفقي للحوض.
- منطقة الترسيب: وفيها ترسب المواد العالقة.

- المنطقة الخارجية: وفيها يتم تجميع المياه الرائقة.
- منطقة الحمأة: وفيها تتجمع المواد الصلبة في أسفل الحوض ثم يتم إزالتها نهائيا.

أحواض الترسيب الابتدائي الدائرية

حوض الترسيب الابتدائي الدائري الشكل عبارة عن حوض كبير الحجم ويتكون من الوحدات الآتية كما يبين الشكل القادم :-

١. المدخل

وهو عبارة عن ماسورة عمودية تدخل رأسيا في منتصف الحوض وبها فتحات متساوية علي قطر الماسورة وعلي عمق منتصف الحوض تقريبا وهذه الفتحات مصممة علي هذا الارتفاع لكي تخرج منها المياه وتصد في حاجز دائري وبذلك يتم توزيع المياه بانتظام وسكون علي جميع سطح حوض الترسيب .

وتهدئة حركة المياه وحفظها ساكنة لمدة حوالي ٢ ساعات يسمح للجزيئات التي كثافتها أكبر من كثافة الماء بالرسوب الي القاع وجزيئات المواد التي كثافتها أقل من كثافة الماء مثل الزيوت والشحوم والشعر بالطفو علي السطح مكونة فيما يعرف بالخبث .

٢. مخرج المياه الرائقة

يتم تجميع المياه الرائقة بواسطة مدار مثبت علي للقطر الداخلي لقناه تجميع المياه التي نخرج من فتحة اسمها فتحة الخروج ،، ومن الأهمية ان يكون الهدار المصنوع من شريط من الصلب متساوي في المنسوب حتي لا تسفح الاجزاء المنخفضة منه في خروج الماء دون ان يمكث المدة المطلوبة ويخرج في هذه الحالة عكرا ، في الوقت الذي يمكث الجزء الاخر من الماء الملامس للمنطقة الاعلي مدة اطول من اللازم فتتشط البكتريا اللاهوائية مسببة عفونة وبالتالي نقل كفاءة تشغيل حوض الترسيب .

ولهذا السبب يتم ضبط منسوب الهدار بالتساوي باستعمال ميزان المياه مستخدمين مسامير التثبيت التي تظبط المنسوب علي طول معدن الهدار .

٣. كاسح الحمأة

يتم تجميع المواد المترسبة في قاع حوض الترسيب بواسطة كاسح يدور ميكانيكيا بسرعة بطيئة (حوالي من متر الي مترين في الدقيقة) لا تسمح بخلخلة المواد الراسبة ، ومثبت علي الكاسح من اسفل طرف من الكاوتشوك ملامس للارضية يعمل علي تجميع الرواسب في حجرة تجميع لرواسب الموجودة في منتصف الحوض .

٤. مخرج الحمأة المترسبة

تخرج الرواسب المتجمعة في حجرة التجميع الموجودة في قاع الحوض من خلال ماسورة محكمة بصمام يعمل يدويا ، وتسمى الرواسب الخارجة من الحوض الابتدائي بالحمأة الابتدائية وهي تتكون من مواد اكثر كثافة من المواد التي تخرج من أحواض الترسيب الثانوية التي تسمى بالحمأة المنشطة او الحمأة الثانوية .

٥. كاسح الخبث

يتم تجميع المواد الطافية علي السطح بواسطة كاسح يلامس سطح الماء ويعمل ميكانيكيا بواسطة حركة كاسح الحمأة وبنفس سرعته ، وتخرج هذه المواد الطافية بعد تجميعها من فتحة مخصصة لخروج الخبث وهي عادة موجودة في مستوي اعلي من فتحة خروج المياه الرائقة.

أسس تصميم أحواض الترسيب الابتدائي.

- ١ . معدل التحميل السطحي يتراوح من ١٥ الي ٣٥ متر مكعب /متر مربع / يوم
- ٢ . مدة بقاء المياه في الأحواض حوالي من ساعتين الي ثلاث ساعات .
- ٣ . يفضل الا يقل عمق الحوض عن ٤ متر .
- ٤ . السرعة الأفقية لا تتعدى ٣٠ سم في الدقيقة .
- ٥ . سرعة زحافات كسح الرواسب من القاع لا تتخطى سرعة المياه الأفقية ٣٠ سم / دقيقة .

٦ . يكون حيز تجميع الرواسب مناسب لتجميع الرواسب لمدة ١٢ ساعة .

طريقة تشغيل احواض الترسيب الابتدائي (الدائرية)

- ا- قبل البدء في فتح المياه للاحواض ، تأكد من ان الحوض نظيف والأرضية خالية من اية مخلفات للبناء او مخلفات الصيانة كقطع الخشب أو بقايا الاسلاك والمعادن المتخلفة من اعمال اللحام وغيرها .
- ب- تأكد من اتمام اعمال الصيانة الوقائية من تشحيم وتغيير زيوت .
- ج- اكشف علي فتحات دخول المياه وخروجها وفتحة خروج الخبث والحماة وتأكد من ان جميع الفتحات نظيفة وخالية من اية عوائق او انسداد .
- د- أفحص جميع اجزاء وحدة الترسيب من كاسح الرواسب ، وتأكد بان الكاسحة الكاوتشوك سليمة ومثبتة جيدا وملصقة للأرضية وليس في طريقها اية عوائق تعوق دورانها .
- ر - أنظر الي لوحة التوصيلات للكهربية ، وتأكد من ان جميع التوصيلات سليمة وان الموتور جاهز للعمل قبل توصيل التيار الكهربى .
- ز - قم بتشغيل وحدة كسح الرواسب وراقب كيفية دورانها خلال ثلاث دورات كاملة ولاحظ مرونة تشغيلها ، وتأكد من عدم وجود اي اهتزاز او ارتجاج او اصوات غير عادية .

س- بعد التأكد من نظافة الحوض وكفاءة الاجهزة المركبة وسلامة التوصيلات ،
ابدا في فتح بوابة الدخول .

م - بعد فتح بوابة الدخول وتدفق المياه الي حوض الترسيب ، ابدأ في اخذ عينات
من المياه الداخلة والخارجة من حوض الترسيب بعد ٨ ساعات من بدء التشغيل
واحسب كفاءة الحوض في ازالة المواد القابلة للرسوب .

ن - ابدأ بتصريف الحمأة الابتدائية المترسبة بقاع حوض الترسيب بصفة دورية
، ولاحظ بان يكون تركيز الحمأة من لا يقل عن ٤ % ولا يزيد عن ٨ % ، حيث
ان تصريف الحمأة وهي في تركيز اقل من ٤ % يزيد من تكليف التشغيل في
الوقت الذي الذي يسبب تركيز الحمأة الي اكثر من ٨ % متاعب ومشاكل قد
تؤدي الي زيادة الحمل علي وحدة كسح الرواسب ووجود فرصة لتحلل الحمأة
المترسبة بالقاع لاهوائيا وتعفننها.

و- يجب القيام بصيانة دورية ووقائية لاحواض الترسيب ، وفيها يتم تفريغ
الحوض وتنظيفه يدويا والكشف علي القاع والجدران وعمل الترميمات اللازمة
ودهان الاجزاء المعدنية لحفظها من الصدأ والتآكل بالاضافة الي القيام
بعمليات التشحيم والتزييت وتغيير الزيوت للاجزاء الميكانيكية التي تحتاج ذلك
وطبقا لتعليمات المنتج .

ي- احذر العمل في الوحدة قبل فصل التيار الكهربى تماما عن الوحدة وذلك
لسلامتك وسلامة جميع العاملين في الوحدة .

العوامل التي تؤثر في كفاءة تشغيل أحواض الترسيب الابتدائي
لكي يتم تحقيق اقصى كفاءة ترسيبية ممكنة لأحواض الترسيب الابتدائي فإنه يجب
مراعاة الاجراءات الآتية قدر الامكان:

* المحافظة على نظافة فتحات خروج دخول وخروج المياه والهدار من تراكم اي مخلفات عليها لكي تحافظ علي سريان تيار المياه بدون اضطراب في سرعته ، والنظافة تتم بسهولة باستعمال خرطوم للمياه وفرش النظافة .

* الاهتمام بنظافة سطح حوض الترسيب من المواد الطافية ، فالخبث المتجمع يجب العمل دائما علي اخراجه من فتحة خروج الخبث ، فتراكم الخبث فوق سطح الحوض بسبب الروائح الكريهة ويجعل منظر سطح حوض الترسيب غير ملائم .

* درجة الحرارة : لزوجة الماء تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة حيث ان الحرارة تعمل علي تقليل قوتي التجاذب بين الجزيئات ومن ثم يزداد معدل ترسيبها ، وفي حالة انخفاض درجة الحرارة يصعب علي الجزيئات القابلة للترسيب في النزول للفاع ، ويلاحظ انه في الجو البارد يصعب ضخ الحماة ودفعها الي خطوط الطرد عنه في الجو الحار ولكن من عيوب الجو الحار انه يعمل علي تعفن الحماة اسرع من الجو البارد .

* دوائر القصر

يجب ان تدخل مياه المجاري الي المروقات (أحواض الترسيب الابتدائية) بدون ان تحدث اي خلطة او اضطراب علي سطحه ، ويجب ان يتم انتشار هذه المياه بالتساوي علي كل مساحة سطح المروق ، كما يجب ان تتساوي السرعة في جميع مناطق المروق في اتجاه الخروج ، وفي حالة حدوث اي اضطراب في سرعة او اتجاه التيار بسبب تراكم مخلفات علي بعض مناطق الهدار أو بسبب اختلاف منسوب بعض اجزاء الهدار فمثل هذه الأسباب تؤدي الي دوائر القصر وبالتالي انخفاض كفاءة الترسيب والترويق .

* زيادة الحمل يجب المحافظة علي تحميل المروق طبقا للكمية المصمم عليها فزيادة التحميل يؤدي الي سرعة دخول المياه عن معدل تصميم الوحدات وسرعة

خروجها والتقليل من فترة المكوث بالمروق وكل هذه الأسباب تؤدي الى تقليل كفاءة المروق .

* طريقة سحب الحمأة

عدم ازالة الحمأة يؤدي الى سرعة حدوث حاله التعفن بمسبب نشاط البكتريا اللاهوائية مع الحمأة . وينتج عن ذلك تصاعد فقاعات من الغازات المتصاعدة التي تلتصق بجزيئات المواد القابلة للترسيب وتعمل كمومات تمنع مثل هذه المواد من الرسوب للقاع .

ويفضل سحب الحمأة لمدة قصيرة وفي فترات متقاربة عن سحبها لمدة طويلة وفترات متباعدة ، وفضل الطرق اذا امكن ضبط معدل سحب الحمأة بصفة مستمرة . ويجب مراعاة ان تكون معدلات سحب الحمأة بطيئة لان زيادة سرعة السحب بفتح صمام التحكم بسرعة يؤدي لخروج قليل من الحمأة وكثير من الماء ، وتيار الماء الخارج بسرعة لا يسمح للحمأة اللاصقة بجدارن منطقة تجمع الحمأة في حوض للترسيب بالخروج.

والطريقة الصحيحة لسحب الحمأة هي فتح الصمام ببطء و ملاحظة درجة كثافة الحمأة الخارجة وكلما لوحظ ان كمية من الماء بدأت تخرج مع الحمأة يزداد فتحة الصمام و ببطء ، ويجب ان يعلم العاملين في تشغيل المروقات الابتدائية ان سحب الحمأة بتركيز اقل من ٣ في المائة يزيد تكاليف التشغيل وتكاليف تجفيفها وتركيزها ، وكذلك اذا تركت الحمأة للتركيز بدرجة اكبر من ٦ في المائة فيؤدي ذلك الى متاعب في التشغيل بسبب احتمال زيادة الحمل علي كاسحات الحمأة وفضل تركيز للحمأة عند سحبها يكون عادة بين ٤ الي ٧ في المائة .

بعض الطرق الحسابية لأحواض الترسيب الابتدائي (المروقات)

١- طريقة حساب مدة المكوث في المروق

مثال أحسب عدد الساعات التي يمكنها الماء في مروق دائري قطره ٤٥ متر وعمقه ٣,٥ متر ومعدل تحميله ٥٠٠٠٠ متر مكعب يوم .

الحل :-

$$\text{مدة المكوث} = \frac{\text{حجم المروق (متر مكعب)}}{\text{معدل التصريف في المروق (متر مكعب في الساعة)}}$$

حجم المروق = مساحة السطح (متر مربع) × في الارتفاع (متر)

$$\text{مساحة السطح} = ٣,١٤ \div ٤ \times ٤٥ \times ٤٥ = ١٥٩٠ \text{ متر مربع}$$

$$\text{حجم المروق} = ٣,٥ \times ١٥٩٠ = ٥٥٦٠ \text{ متر مكعب}$$

$$\text{معدل التصريف بالساعة} = ٥٠٠٠٠ \div ٢٤ = ٢٠٨٣ \text{ متر مكعب في الساعة}$$

$$\text{مدة المكوث} = ٥٥٦٠ \div ٢٠٨٣ = ٢,٦٦ \text{ ساعة.}$$

٢- طريقة حساب حمولة المواد العالقة علي المروق

مثال احسب حمولة المواد العالقة علي المروق اذا كان تركيزها في المياه الداخلة

٢٥٠ مجم / لتر ومعدل تحميله ٥٠,٠٠٠ متر مكعب في اليوم .

الحل :-

$$\text{تركيز المواد العالقة} = ٢٥٠ \text{ مجم / لتر} = ٢٥٠ \text{ جرام / متر مكعب} =$$

$$٢٥٠,٠٠٠ \text{ كيلو جرام / متر مكعب}$$

حمولة المواد العالقة

$$= \text{تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام} * \text{معدل التحميل (متر مكعب في}$$

اليوم)

$$= ٢٥٠,٠٠٠ \times ١٢٥٠ = ١٢٥٠ \text{ كيلو جرام في اليوم .}$$

٣ طريقة حساب كفاءة المروق

مثال أحسب كفاءة مروق معدل تحميله ٥٠٠٠٠ متر مكعب تدخل فيه المواد العالقة بتركيز ٢٥٠ مجم في اللتر وتخرج منه بتركيز ١٥٠ مجم في اللتر .
الحل :-

حمولة المواد العالقة الداخلة

= تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام \times معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

$$= ٥٠,٠٠٠ \times ٠,٢٥ = ١٢٥٠٠ \text{ كيلو جرام في اليوم}$$

حمولة المواد العالقة الخارجة

= تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام \times معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

$$= ٥٠,٠٠٠ \times ٠,١٥ = ٧٥٠٠ \text{ كيلو جرام في اليوم}$$

وزن المواد العالقة المزالة = $١٢٥٠٠ - ٧٥٠٠ = ٥٠٠٠$ كيلو جرام.

كفاءة المروق في ازالة المواد العالقة = $\frac{\text{وزن المواد العالقة المزالة}}{\text{حمولة المواد العالقة الداخلة}} \times ١٠٠$

$$= \frac{١٠٠ \times ٥٠٠٠}{١٢٥٠٠} = ٤٠ \%$$

طريقة اخرى لحساب كفاءة المروق في ازالة المواد العالقة

كفاءة عملية الترسيب =

المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب - المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب

المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب

$$= \frac{٢٥٠ - [٢٥٠ \div ١٥٠] \times ١٠٠}{٢٥٠} = ٤٠ \%$$

٤ طريقة حساب وزن الحماة المسحوبة من المروق بالكيلوجرامات وحجمها بالمتر

المكعب

مثال :

أحسب مقدار الحماة المسحوبة من مروق حمولته ٥٠٠٠٠ متر مكعب في اليوم ودرجة تركيز المواد العالقة الداخلة ٢٠٠ مجم /لتر والخارجة ١٢٠ مجم /لتر ودرجة تركيز المواد الصلبة في الحماة المسحوبة ٥ في المائة .

الحل : -

وزن المواد العالقة الداخلة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام \times معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

$$= ٠,٢ \times ٥٠٠٠٠ = ١٠٠٠٠ \text{ كيلو جرام في اليوم}$$

وزن المواد العالقة الخارجة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام \times معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

$$= ٠,١٢ \times ٥٠٠٠٠ = ٦٠٠٠ \text{ كيلو جرام في اليوم}$$

وزن الحماة المسحوبة في اليوم = ١٠٠٠٠ - ٦٠٠٠ = ٤٠٠٠ كيلو جرام في اليوم

حجم الحماة المسحوبة بالمتر المكعب = وزن الحماة \div تركيز المواد الصلبة

$$= ٤٠٠٠ \div ٠,٥ = ٨٠٠٠ \text{ كيلو جرام}$$

= ٨٠ متر مكعب في اليوم.

الوقاية من اخطار العمل في منطقة أحواض الترسيب الابتدائية

لتقليل الاصابات واطار العمل في منطقة المروقات يجب مراعاة ما يلي :

- ١- الحرص الشديد من الانزلاق بسبب عدم تنظيف الأرضيات وغسلها باستعمال خراطيم المياه وفرش النظافة فالمواد الطافية علي سطح المروق معظمها من الشحوم والزيوت والدهون وكلها مواد تعرض العاملين في المنطقة للسقوط والانزلاق .

٢- وقاية العاملين من الغرق في الأحواض والسقوط في المياه وذلك بتجهيز عوامة مربوطة بحبل تساعد العريق ومن اللازم تواجد شخص اخر احتياطي اثناء العمل ويراقب الأشخاص اثناء تنظيف الأحواض لكي يقدم لهم المعونة عند الضرورة ، والاستعداد دائما بتجهيز معدات المساعدة والوقاية اثناء العمل .

٣- يجب الامتناع من الجلوس او الوقوف علي اسوار الأحواض بدون داعي وبدون وجود ادوات الوقاية من خطر التزحلق والانزلاق.

٤- يجب العناية بتوفير الاضاءة الكافية في منطقة العمل والعمل علي اصلاح الانوار والحرص علي ان تكون مناطق العمل وخصوصا اماكن اخذ العينات للتحليل او مواضع صمامات سحب الحمأة بها اضاءة كافية لتوفير الامان للعاملين اثناء نادية واجباتهم .

٥- يجب الاحتراس الشديد من دخول المناطق التي بها مياه مجاري أو حمأة بدون استعمال اجهزة للتنفس الصناعي الذاتي وملابس الوقاية وذلك للوقاية من الغازات السامة الناتجة من التحلل اللاهوائي .

وهذه الغازات خليط من غاز كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة مثل رائحة البيض الفاسد وغاز الميثان وهو غاز سريع الاشتعال وقد تصل درجة تركيزه الي حدوث انفجار وهناك ايضا غاز اول اكسيد الكربون وهو غاز سام جدا ولا رائحة مميزة له بالاضافة الي وجود مركبات اخري كثيرة خطرة يمكن وجودها في مياه المجاري من مخلفات صناعية واحماض وقلويات وسموم مختلفة .

٦- اعمل علي تحويط الاماكن المفتوحة باسوار او حبال ولو مؤقتة ومميزة للحرص علي عدم سقوط العاملين والمارين واصابتهم .

٧- تجنب الاقتراب من صناديق مفاتيح الكهرباء بلا داعي والكابلات الكهربائية وتأكد ان التيار الكهربائي مفصول تماما من المصدر الرئيسي للتيار قبل بدء العمل في المروقات .

٨- تأكد من فصل التيار الكهربى تماما عن كاسح الحمأة قبل محاولة القيام بآية عملية إصلاح أو تنظيف ولا تستهين بان حركة الكاسح بطيئة ويمكن تجنب حدوث اصابات منها وأعلم جيدا ان كاسح الحمأة من القوة الشديدة في حركته البطيئة ولا تقف في طريقه ايدا فالاصابات التي تنتج منه خطيرة ومميتة.

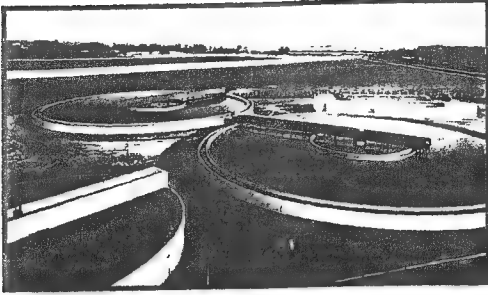
الملاحظة البصرية لحوض الترسيب الابتدائي

نعد المراقبة البصرية لحوض الترسيب الابتدائي من أهم عوامل التشغيل الناجح حيث ان المراقبة الجيدة هي احدى اهم التحكم في عمليات التشغيل.

فيجب مراقبة حوض الترسيب الابتدائي وذلك لملاحظة آية مواد غريبة او ظواهر غير عادية قد تتواجد علي سطح الترسيب الابتدائي والتأكد من ملائمة ظروف التشغيل ومرونتها والنقاط التالية توضح ما يجب مراقبته في حوض الترسيب الابتدائي :

- ١- وجود مواد طافية بكميات كبيرة جدا علي سطح الحوض .
- ٢- وجود كميات من المواد الزيتية والدهون طافية فوق سطح الحوض.
- ٣- هل لون المياه ذو عكارة عالية داخل الحوض لوجود مواد عالقة لم تترسب .
- ٤- هل تتبعث من الحوض رائحة كريهة جدا .
- ٥- هل تتصاعد بعض الغازات من الحوض حاملة معها بعض الرواسب من القاع.

- ٦- هل كاشط الخبث يعمل جيدا ويزيل الخبث الطافي أم لا.
- ٧- هل الماء الخارج من حوض الترسيب رائق نسبيا ام لا .
- ٨- هل كاسح الحمأة يعمل جيدا ام لا .
- ٩ - هل فتحات خروج دخول وخروج المياه والهدار نظيفة وخالية من آية تراكمات.



صورة لأحواض الترسيب الابتدائي الدائرية

مشاكل التشغيل في أحواض الترسيب الابتدائي

تستقبل أحواض الترسيب الابتدائي المياه بعد حجزها من المصافي ومرورها بأحواض حجز الرمال لحجز الرمال والحصى وبعد أن يتم التخلص من الأجسام العالقة والطافية الكبيرة طبقاً لحجم الفتحات في المصافي ، وترفع المياه بطلمبات حلزونية الي تلك الأحواض.

ويتم داخل حوض الترسيب التخلص من المواد الصلبة العالقة بالترسيب والمواد القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه المجاري في حالة هدوء لفترة من ١ الى ٤ ساعات، حيث تتمكن الجزيئات القابلة للرسوب للنزول الي للقاع والمواد الخفيفة الوزن بالطفو للمسطح ، وبذلك يمكن التحكم في جمعها وإزالتها تاركة مياه المجاري راتقة نسبياً من غالبية المواد الغير عضوية والقليل من المواد العضوية التي تحتويها .

وتتمثل معظم مشاكل التشغيل في أحواض الترسيب الابتدائي في نقطتين رئيسيتين هما:

١- انخفاض معدل ونسبة إزالة المواد الصلبة من حوض الترسيب الابتدائي.

٢- طفو جزء من الرواسب الصلبة (الحمأة) علي سطح الأحواض نتيجة تراكمها في القاع .

مثال ١ : لأحد مشاكل التشغيل

خروج بعض المواد الطافية مع المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي.
السبب- كاسح الخبث لا يعمل جيدا او متوقف عن العمل

العلاج

• العمل علي ازالة المواد الطافية (الخبث) يدويا بسرعة لحين اصلاح كاسح الخبث

* اصلاح كاسح الخبث وإعادة تشغيله جيدا.



صورة تبين تراكم بعض المواد الطافية (الخبث) علي حوض الترسيب الابتدائي

مثال ٢

خروج كثير من المواد العالقة مع المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي.
السبب - مدة بقاء المياه في الأحواض غير كافية (أقل من اللازم) لاتمام عملية ترسيب المواد العالقة جيدا .

العلاج

- ضبط مدة بقاء المياه في الأحواض .

مثال ٣

انخفاض معدل ونسبة ازالة المواد الصلبة من حوض الترسيب الابتدائي.
السبب ١- مدة بقاء المياه في الأحواض غير كافية (أقل من اللازم) لاتمام عملية ترسيب المواد العالقة جيدا .

١- غطاء الحمأة Sludge bed (طبقة الحمأة كبيرة جدا) وطفو جزء من الحمأة مرة اخري علي سطح الحوض مما يؤدي في النهاية الي انخفاض معدل ترسيب المواد الصلبة داخل الحوض.

٢- زيادة تركيز المواد العالقة في المياه الداخلة لحوض الترسيب (مياه المدخل) فزيادة تركيز المواد العالقة تعمل علي ان تترسب جزيئات المواد الصلبة العالقة ككتلة وليس علي صورة مترابطة مما يؤدي الي ارتفاع مفاجيء في غطاء الحمأة Sludge bed.

العلاج

- ضبط مدة بقاء المياه في الأحواض .
- التحكم في عمق غطاء الحمأة ويفضل التحكم الاتوماتيكي .
- صرف كمية اكبر من الحمأة من حوض الترسيب لضبط عمق غطاء الحمأة
- وتقليل كمية المواد الصلبة المتراكمة داخل احواض الترسيب.

قياس كفاءة أحواض الترسيب الابتدائي

نقاس كفاءة احواض الترسيب بقدرتها علي ازالة المواد العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل ببولوجيا ، فلتحديد هذه الكفاءة نقاس نسبة أو تركيز المواد العالقة والأكسجين اتحيوي المستهلك BOD لعينات مياه الداخلة لحوض الترسيب ونقاس ايضا للعينات الخارجة منه وبمقارنة النتيجتين يمكننا حسب نسبة ازالة المواد العالقة

وإزالة BOD وبالتالي تحديد كفاءة حوض الترسيب وهذا يتضح من خلال المعادلة الآتية:-

كفاءة عملية الترسيب =

المواد العالقة الداخلة إلى حوض الترسيب - المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب

المواد العالقة الداخلة إلى حوض الترسيب

Sedimentation Efficiency =

Inlet S.S of sedimentation Tank - Outlet S.S of sedimentation Tank

Inlet S.S of sedimentation Tank

كفاءة عملية الترسيب البيولوجية =

الأكسجين الحيوي المستهلك في حوض الترسيب - الأكسجين الحيوي المستهلك الخارج من حوض الترسيب

الأكسجين الحيوي المستهلك في حوض الترسيب

Biological Sedimentation Efficiency =

Inlet BOD of Sedimentation Tank - Outlet BOD of Sedimentation Tank

Inlet BOD of Sedimentation Tank

الجدول التالي يبين كفاءة أحد أحواض الترسيب الابتدائية في إزالة المواد العالقة و الأكسجين الحيوي المستهلك BOD و الأكسجين الكيميائي المستهلك COD وإزالة النتروجين لمدة سبعة أيام متواصلة.

جدول ٢-٦

كفاءة الترسيب الابتدائي في إزالة المواد العالقة و المواد العضوية والمواد والنروجينية

كفاءة حوض الترسيب الابتدائي PST Efficiency			
إزالة المواد العالقة TKN removal %	إزالة الأكسجين الكيميائي المستهلك COD Removal %	إزالة الأكسجين الحيوي المستهلك BOD Removal %	إزالة المواد العالقة S.S removal %
١٠	٤٠	٤٩	٦٥
٧	٣٦	٤٨	٦٠
٨	٣٧	٤١	٦٢
٨	٤٠	٤٥	٦٦
٦	٣٦	٣٨	٥٩
٥	٣٥	٣٦	٥٨
٥	٣٠	٣٥	٥٧

٢-٦-٢. الترسيب الثانوي Secondary Sedimentation

وحدات الترسيب الثانوي من الوحدات الهامة جدا من وحدات المعالجة فهي جزء متكامل ومكمل لا يتجزء من عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، وإذا كان لمشروع لا يحتوي علي وحدات الترسيب الابتدائي فتعرف وحدات الترسيب علي انها وحدات الترسيب الثانوية لاعتبارها من وحدات المعالجة الثانوية .

اما اذا كان هناك وحدات ترسيب ابتدائية فان وحدات الترسيب الثانوي تعرف بوحدات الترسيب النهائي أو المروقات Clarifiers

وأحواض الترسيب هي التي تحسن من خواص المياه المعالجة في نهاية مراحل المعالجة . ولهذا سميت المروقات حيث تقوم بترويق المياه . وفي عمليات الحمأة المنشطة تقوم وحدات الترسيب بامداد أحواض التهوية بالحمأة للمعدة النشطة التي تحتوي علي كميات كبيرة من الكائنات الدقيقة للنشطة التي تقوم بأكسدة المواد العضوية وتثبيتها وتجميع المواد العالقة في أحواض التهوية .

وبالرغم من أحواض الترسيب الابتدائي والثانوي تتشابه الي حد كبير في الوصف والتركيب الا ان أحواض الترسيب الابتدائي تعمل علي ترسيب جزئيات من المواد انقل من الجزيئات التي يقوم بترسيبها أحواض الترسيب الثانوي ، لذلك تحتجز المياه في أحواض الترسيب الثانوي فترة اطول .

وفي عمليات الحمأة المنشطة يكون الحمل علي أحواض الترسيب الثانوية غير عادي ، حيث تحتوي المياه الخارجة من أحواض التهوية علي تركيز يصل لأكثر من ٢٠٠٠ ملجرام / لتر من المواد العالقة التي يجب ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي و ترجع أهمية ترسيب المواد العالقة للأسباب الآتية :-

١- ترسب المواد العالقة لاعادة نسبة منها الي أحواض التهوية كحمأة معادة نشطة بيولوجيا بها العديد من الكائنات الدقيقة التي تقوم بأكسدة المواد العضوية في أحواض التهوية .

ب- ترويق المياه عن طريق التخلص من نسبة كبيرة من المواد العالقة بالترسيب ، وتخرج لمياه بعد ذلك وقد تخلصت من نسبة كبيرة من العكارة والمواد العضوية .

يجب ان يراعي في تصميم وتشغيل أحواض الترسيب النهائي ان تعاد نسبة الرواسب المطلوب اعادتها (للحمأة النشطة) بأسرع ما يمكن وباستمرار الي أحواض التهوية قبل ان تتأثر الكائنات الحية الدقيقة من عدم ملائمتها للبيئة في قاع أحواض الترسيب مما يؤدي الي انخفاض نموها ونشاطها ، حيث ان البيئة والمكان

المناسبين لهذه لكانتات هو أحواض التهوية حيث توافر الأكسجين الذائب والمواد العضوية (الغذاء) ، أما قاع حوض الترسيب فتقل به نسبة الأكسجين الذائب .

ويفضل ان يكون اعادة الرواسب مستمر بلا توقف بدون تخزين في أحواض الترسيب النهائي وذلك حتي تلافي حدوث نشاط الكائنات اللاهوائية في قاع أحواض الترسيب وتساعد الروائح غير المرغوب فيها ، وايضا احتمالية حدوث عكس النيترة (التأزت) والذي يحدث نتيجة استهلاك الأكسجين للذائب الموجود بواسطة الكائنات الدقيقة ، فتبدأ الكائنات في الحصول علي الأكسجين من تكسير المواد النتروجينية الناتجة من عملية التأزت مثل النتترات وتحولها الي غاز النتروجين الذي يتكون حاملا معه اجزاء كبيرة من الحمأة. مسببا تصاعد كرات كبيرة من الحمأة ذات لون داكن من قاع المروق الي السطح .

وبراعي في نفس الوقت ان تصمم أحواض الترسيب الثانوية بأكبر كفاءة ممكنة لان زيادة المواد العالقة في المياه الخارجة من أحواض الترسيب الثانوية يصاحبه زيادة في الأكسجين الحيوي لمستهلك .

اسس تصميم أحواض الترسيب الثانوي

من أهم الأشياء التي يجب مراعاتها في تصميم أحواض الترسيب النهائي سهولة وسرعة تجميع المواد المترسبة بالقاع ، وذلك للمشاكل التي تحدث عند زيادة مدة بقاء الحمأة داخل أحواض الترسيب النهائي.

وتكون هذه الأحواض غالبا دائرية او مربعة يميل قاعها بدرجة مناسبة لتجميع الرواسب ، ويتبع في تصميمها الأسس الخاصة بأحواض الترسيب الابتدائي مع مراعاة العوامل الآتية :-

١. التحميل السطحي لا يزيد عن ٣٢ متر مكعب / متر مربع / يوم .

٢. السرعة الرأسية تتراوح بين (٣-٤) سم / دقيقة .

٣. يفضل الا تقل مدة بقاء المياه في الأحواض عن ثلاث ساعات وذلك لضمان الترسيب الكامل ولا تزيد عن ٥ ساعات .

٤. لا يقل عمق الحوض عن خمسة أمتار .

٥ . معدل خروج المياه علي مدار المخرج لا تزيد عن ١٢٠ متر مكعب/متر/ يوم .

٦. يفضل الا يزيد معامل حجم الحمأة عن ١٥٠ حتي لا تتأثر كفاءة المعالجة.

الملاحظة البصرية للمروق النهائي

يجب مراقبة حوض المروق النهائي بصريا وذلك لمعرفة أية ظواهر غريبة قد تتواجد علي سطح الحوض كتصاعد بعض من المواد العالقة أو تصاعد فقاعات أو غازات أو كتل طافية من الحمأة .لذا يجب أن يقوم طاقم التشغيل بفحص روتيني وملاحظة بصرية جيدة للمروق النهائي طوال اليوم وتتشابه ملاحظة المروق النهائي مع أحواض الترسيب الابتدائي بالإضافة الي النقاط الآتية :-

١- خواص الترسيب.

■ هل المواد الصلبة تترسب بصورة جيدة وبسرعة وأنسجام .

■ هل تبقى اي جزيئات صوفية معلقة عندما تترسب المواد الصلبة

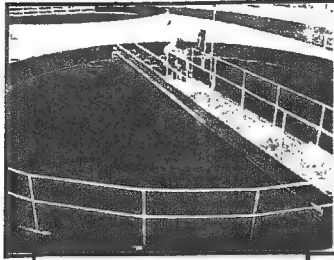
■ ما نوع هذه الجزيئات العالقة.

٢ - هل هناك رغوة أو غشاء متكون (Scum) وما شدته وكثافته.

٣ - هل هناك دليل علي ارتفاع الحمأة .

٤ - هل هناك دليل علي تراكم الحمأة .

٥- هل هناك غازات تتصاعد من سطح المروق النهائي.



صورة لأحد للمروقات النهائية الدائرية

مشاكل التشغيل التي يمكن أن تتواجد في أحواض الترسيب النهائية أن الملاحظة الدقيقة لسطح المروقات وكذلك المياه الداخلة اليه والخارجة منه (المعالجة) تعطي فكرة جيدة عن ظروف التشغيل والعوامل المؤثرة علي عمليات التشغيل ، فمثلا اذا كانت المياه المعالجة خالية من اية شوائب كبيرة ظاهرة والمياه ليس بها عكارة ونسبة المواد العالقة أقل من ١٠ مليجرام لكل لتر فهذا يعني أن ظروف التشغيل جيدة ويجب المحافظة علي ذلك الوضع. اما اذا كان العكس فذلك يدل علي نقص في كفاءة المروق ويجب دراسة ومعرفة اسباب ذلك .

وفيما يلي بعض من مشاكل التي يمكن ان تتواجد في أحواض الترسيب النهائي:

• ظاهرة الكتل الطافية في أحواض الترسيب.

• النقاط الدبوسية Pin - point Floc .

• تركيز عالي للمواد الصلبة العالقة في المياه المعالجة Straggler floc.

• تصاعد كرات كبيرة من الحمأة ذات لون داكن من قاع المروق الي السطح

.Clumping

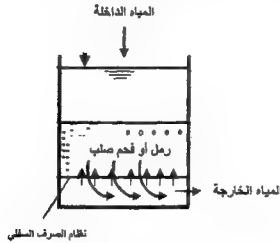
• خروج كميات كبيرة من الحمأة مع المياه المعالجة Sludge wash out

٧-٢. الترشيح Filtration

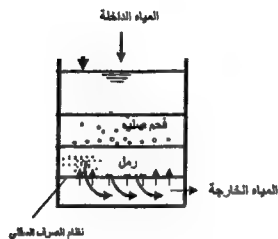
تعرف عملية الترشيح بأنها حجز وفصل المواد علي وسط معين يسمى وسط الترشيح ، وكل وسط له خصائصه التي تتوافق مع طبيعة المواد التي سوف يحجزها .

تهدف عملية الترشيح إلى إزالة وفصل المواد العالقة العضوية واللاعضوية وكذلك الجراثيم والشوائب الأخرى التي لم يتم فصلها في أحواض الترسيب الثانوية وحيث أن (BOD , COD , PO_4) تتواجد على شكل جزيئات عالقة فإنها ستنزل بنسبة كبيرة أثناء عملية الترشيح.

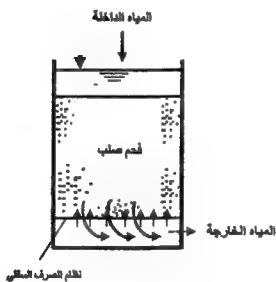
وقد أصبح ترشيح المياه المعالجة مؤخرًا أكثر شيوعًا . وهذه العملية تستخدم أنواع المرشحات المبيّنة في الشكل التالي وتستهدف إزالة إضافية للأجسام الصلبة العالقة في المياه المعالجة بيولوجيًا أو كيميائيًا، ونزع الفوسفور المترسّب كيميائيًا. والاشكال التالية تبين الانواع المختلفة للمرشحات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي .



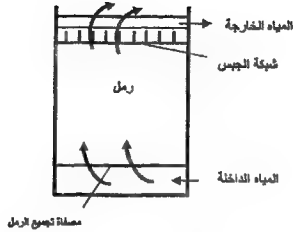
تنفق تقليدي عبر وسط واحد



تدفق تقليدي عبر وسطين



تدفق تقليدي عبر وسط واحد صفيق الطبقة



شكل ٢-١٦ أنواع المرشحات المستخدمة في معالجة مياه الصرف
تدفق تكليدي الى الاعلى عبر وسط واحد عميق الطيقة

أنواع المرشحات المستخدمة في تنقية مياه الصرف

هناك العديد من أنواع المرشحات التي تستخدم في تنقية مياه الصرف تذكر منها :

١- المرشحات الرملية البطيئة : وهي مناسبة جداً لمحطات المعالجة الصغيرة ويبلغ التحميل فيها (٢ - ٥) م^٣/م^٢/يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة فيها (٤٥ - ٦٨) % . ويستخدم المرشح الرمل البطيء عادة في مياه المخرج الخارجة من قنوات الأكسدة .

٢- المرشحات الرملية السريعة: وهي مناسبة لمحطات المعالجة الكبيرة ويبلغ معدل التحميل (١٢٠ - ٢٤٠) م^٣/م^٢/يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة حوالي ٧٥ % .

٣- المرشحات الرملية ذات السريان لو التدفق العكسي : وهنا تدخل المياه المراد معالجتها من أسفل المرشح وتخرج من الأعلى ويبلغ معدل التحميل فيها ضعفي المرشحات الرملية للسريعة .

٤- المرشحات ذات الوسط المختلط : ويبلغ معدل التحميل فيها (٣٠٠ - ٦٠٠)

م^٣/م^٢/يوم .

وتشمل أجهزة الترشيح المرشح الخرطوشى (Cartridge Filter)، المرشح السليكونى (diatomaceous earth filter)، المرشحات ذو الوسط الحبيبي (Granular - media filters) ونادراً ما يستخدم المرشح الخرطوشى فى عمليات معالجة المياه وذلك لأسباب اقتصادية.

كفاءة إزالة الملوثات للمرشحات الرملية

المرشحات الرملية المصممة جيداً والتي تعمل فى ظروف ومحددات تشغيل جيدة ذات كفاءة فى إزالة العديد من الملوثات العضوية والجدول التالى يوضح كفاءة الإزالة للعديد من الملوثات لأحد المرشحات الرملية.

جدول ٢-٧

كفاءة إزالة الملوثات للمرشحات الرملية.

الملوث	نسبة الإزالة %
البكتريا القولونية البرازية	٧٦ %
الأكسجين الحيوي المستهلك	٧٠ %
المواد العالقة الكلية	٧٠ %
الكربون العضوي الكلي	٤٨ %
النتروجين الكلي	٢١ %
بعض العناصر الثقيلة (الحديد-الرصاص - الزنك)	٤٥ %
المصدر 2- Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies N&P Limited 2002..Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D	

٢-٧-١. المرشحات الرملية البطيئة

في الترشيح الرملي البطيء تستخدم طبقة من الرمال رقيقة والتي تنفذ المياه من خلالها ببطء لأسفل ، ونظرا لصغر حجم حبيبات الرمل فسان الفراغات للوسط الترشيحي تكون صغيرة وبالتالي فمرور المياه يكون بصورة بطيئة . والمرشح الرملي البطيء يمكنه حجز كميات كبيرة من المواد العالقة في السطح العلوي للمرشح بسبك من ٠,٥ الي ٢,٠ سم وهذا يمكن من تنظيف المرشح بكنشط الطبقة العلوية من الرمال ونظرا لان معدل الترشيح يكون قليلا (٢-٥ م^٣/٢م^٢/يوم) لبطء مرور الماء فان الفترات الزمنية بين عمليات النظافة تكون كبيرة وتبلغ عادة عدة شهور .

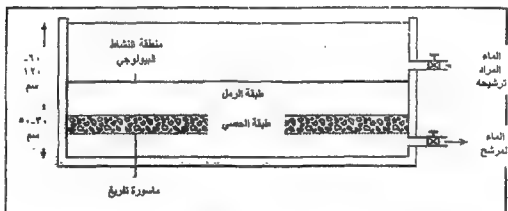
تحتجز الاجسام العالقة كبيرة الحجم والتي لاتمر من خلال الوسط الترشيحي علي سطح المرشح وتحتجز علي الطبقة العليا للمرشح بما يزيد من كفاءة تنقية المياه بحجز الملوثات ولكن تراكم المواد العالقة وحجزها علي سطح المرشح يزيد من مقاومة تدفق المياه لأسفل وبازالة الملوثات والاجسام الكبيرة المحجوزة علي السطح العلوي يمكن استعادة قوة تدفق المياه مرة اخري .ونظرا لان المساحة السطحية لجسيمات الرمل للوسط الترشيحي كبيرة جدا ، والتي تصل الي ١٢ - ٢٠ الف متر مربع لكل متر مكعب من الرمل ، وان معدل الترشيح منخفض فان كفاءة حجز الملوثات بالترشيح تكون كبيرة جدا بما يمكن من ازالة الاجسام الصغيرة .وهذه الازالة تتم في السطح العلوي للوسط الترشيحي ولا يتسرب الي عمق الوسط الترشيحي سوي المواد العضوية منخفضة الكثافة النوعية والمواد الذائبة.

الوظيفة الرئيسية للمرشح الرملي البطيء هو ازالة المواد العالقة من مياه الصرف المعالجة وحجز كميات كبيرة من البكتريا والفيروسات من المياه اي تخفيض الحمل البوائبي للماء كما يزيل المرشح الرملي البطيء البرتوزوا والاوليات بكفاءة عالية .

وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة في المرشح الرملي البطيء من (٤٥ - ٧٠) % . ويستخدم المرشح الرملي البطيء عادة في مياه المخرج الخارجة من قنوات الأكسدة ويفضل الا تزيد درجة عكارة مياه الصرف المعالجة التي يستخدم لتغذيتها المرشح البطيء عن درجة ١٥ بمقياس نيفلوميترى .

المرشحات الرملية البطيئة لها ميزات جيدة فيمكن انشاؤها من المواد المحلية وباستغلال العمالة المحلية مع الاستغناء عن كثير من المعدات الميكانيكية والكهربائية.

والشكل التالي هو لمخطط يبين مكونات أحد المرشحات الرملية البطيئة



شكل ١٧-٢ مخطط لمرشح رملي بطيء

مزايا وعيوب المرشحات البطيئة

عيوب المرشح البطيء

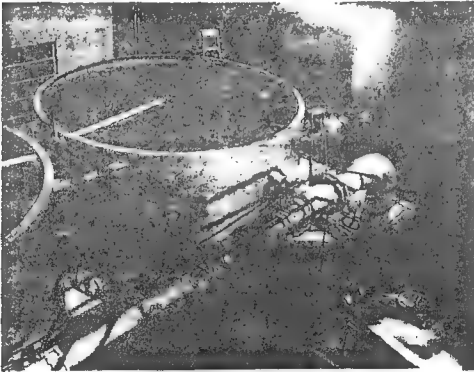
- ١ - يحتاج إلى مساحة كبيرة من الأرض مما يجعل تكاليف الإنشاء أكثر من المرشحات السريعة .
- ٢ - نمو الطحالب بكثرة لعدم تغطية المرشحات وتعرضها لأشعة الشمس وخاصة في الدول الحارة .

مزايا المرشح البطيء

ذا كفاءة في إزالة مسببات الأمراض مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات .

المرشح الرملي السريع

المرشح الرملي السريع يتكون من طبقة من الرمل مدعومة بطبقة من فحم الانثراسيت أو طبقة من الحصى . ويتم تشغيل المرشح الرملي السريع بمعدلات ترشيح سريعة تتراوح بين ٥-١٢ متر مكعب / ساعة/ متر مربع . ويتم غسل المرشح السريع بالفتيسل العكسي بعكس اتجاه التدفق بضغط مناسب لغسل الرمل من الملوثات العالقة به . وعمليات الترشيح بالمرشحات السريعة تبدو أنها أقل كفاءة لإزالة البكتيريا والفيروسات وحوصلات البرتوزوا إلا إذا سبقت بعمليات الترويب والترسيب الكيميائي .



صورة لأحد المرشحات الرملية السريعة المستخدمة لتنقية مياه الصرف المعالجة

٢-٧-٢. المرشحات ذو الوسط الحبيبي

ويستخدم هذا النوع من المرشحات بتوسع في عمليات معالجة المياه وذلك لإزالة كل من المواد العالقة العضوية والغير عضوية. ويمكن لهذه المرشحات أن تعمل إما بالجانبيه الأرضية أو بالضغط وكلاهما يستعمل في تنقية مياه الصرف.

وأكثر هذه المرشحات استعمالاً هي المرشحات ثنائية أو ثلاثية الوسط، حيث تتكون المرشحات ثنائية الوسط من طبقة من الرمل قطره ٠.٥ مم تعلوها طبقة من فحم الانتراسيت (Anthracite) بقطر ٠.٩ مم، بينما تحتوي المرشحات ثلاثية الوسط على طبقة من حجر السيلان (العقيق garnet) ذو قطر يتراوح من ٣٠-٤٠ ميمش أسفل طبقة الرمل. ويمكن للمرشحات أن تستخدم أنواع مختلفة من الطبقات وبأقطار فعالة مختلفة. ويتم حجز المواد الصلبة بواسطة الطبقات المختلفة مما يوجب إزالتها بالكشط وبالفسيل العكسي (Back wash).

وتتألف عملية الترشيح من مرحلتين هما الترشيح والتنظيف. وخلال هذه العملية، تمرّ مياه الصرف عبر طبقة مؤلفة من مادة حبيبيّة كالرمل، حيث تحدث واحدة أو أكثر من آليات الإزالة التالية:

التصفية أو الاعتراض أو الرص أو الترسيب أو التلبّد أو الامتزاز. وتختلف مرحلة التنظيف حسب طريقة عمل المرشح، ففي الترشيح النصف مستمر، تتعاقب عمليات الترشيح والتنظيف، وفي الترشيح المستمرّ تجري العمليتان في آن واحد. والجدول التالي يبين الخصائص الفيزيائية والتشغيلية لمرشحات الوسط الحبيبي المستخدمة عادة في ترشيح مياه الصرف المعالجة.

جدول ٢-٨

الخصائص الفيزيائية والتشغيلية لمرشح الوسط الحبيبي

نوع المرشح	نوع طبقة المرشح	وسط الترشيح	العملية خلال مرحلة الترشيح	العملية خلال مرحلة التنظيف
نصف مستمر (عتيادي) جريان إلى الأسفل	وسط واحد	رمل أو فحم صلب	يمر المسائل نحو الأسفل عبر طبقة المرشح . ويمكن أن يكون معدل التدفق عبر لمرشح ثابتاً أو متغيراً حسب طريقة التحكم بالتدفق.	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة، أو عندما يصل فقدان الطو إلى المستوى المسموح به، يفضل المرشح بعكس اتجاه التدفق عبر المرشح . ويستخدم الهواء والماء خلال هذه العملية
	وسطين	رمل أو فحم صلب		
	متعدد الوسائط	رمل أو فحم صلب أو عقيق		
طبقة عميقة، نصف مستمر، جريان إلى الأسفل	وسط واحد	رمل أو فحم صلب	يمر المسائل نحو الأسفل عبر طبقة المرشح . ويمكن أن يكون معدل التدفق عبر لمرشح ثابتاً أو متغيراً حسب طريقة التحكم بالتدفق.	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة، أو عندما يصل فقدان الطو إلى المستوى المسموح به، يفضل المرشح بعكس اتجاه التدفق عبر المرشح . ويستخدم الهواء والماء خلال هذه العملية
طبقة عميقة، نصف مستمر، جريان إلى الاعلى	وسط واحد	رمل أو فحم صلب	يمر المسائل نحو الأعلى عبر طبقة المرشح . ويكون معدل التدفق عبر المرشح ثابتاً اجمالاً	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة، أو عندما يصل فقدان الطو إلى المستوى المسموح به، يفضل المرشح بزيادة معدل التدفق عبر قاع المرشح . ويستخدم الهواء والماء خلال هذه العملية.
طبقة نهضية، نصف مستمر، جريان إلى الأسفل	وسط واحد	رمل	يمر المسائل نحو الأسفل عبر طبقة المرشح . وعندما يتراكم فقدان الطو، يفرج الهواء إلى	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة، أو عندما يصل فقدان الطو إلى المستوى المسموح به، يفضل

المرشح يعكس اتجاه الدفق عبر المرشح . ويستمرّ السائل بدخول المرشح خلال هذه العملية ويستند التنظيف الكيميائي أيضا	الأعلى عبر الطبقة حتى السطح ثم يعيد توزيع الجوامد . ويكون معدل الدفق عبر المرشح ثابتا إجمالا .			
ينظف وسط المرشح بطريقة مستمرة بضخ رمل من قاع المرشح عبر رافعة هوائية إلى مفصل للرمل موضوع في أعلى المرشح . ويدمر مروره بالمفصل ، ويوزع الرمل التنظيف على سطح طبقة الترشيح .	يمرّ السائل نحو الأعلى عبر طبقة المرشح، التي يكون وسطها متحركا نحو الأسفل باتجاه معاكس للتيار . ويكون معدل الدفق عبر المرشح ثابتا إجمالا .	رمل	وسط واحد	طبقة عميقة، مستمر، جريان إلى الأعلى
عندما يصل فقدان الطور إلى المستوى المسموح به، تغسل الخلايا المنفردة للمرشح بعكس اتجاه الدفق عبر كل واحدة من الخلايا بالتتابع . وتضخ مياه المستخلص الراجع عبر غطاء المستخلص الراجع .	يمرّ السائل نحو الأعلى عبر طبقة المرشح . ويستمرّ السائل بالترشيح في حين يعود المستخلص إلى الخلايا المنفردة . ويكون معدل الدفق عبر المرشح ثابتا إجمالا .	رمل	وسط واحد	جسم متحرك مستمر، جريان إلى الأسفل
		رمل	وسطين	

المصدر : Metcalf and Eddy, Inc

٢-٨. التعويم Floatation

تستخدم عملية التعويم لإزالة الجسيمات الصلبة أو السائلة من الطور السائل بإدخال غاز نقي كفقاعات الهواء . وتلتصق فقائيع الغاز بالسائل أو تحبس في جسيمات المواد الصلبة، بحيث تزيد القوة الدافعة التعويمية لمزيج الجسيمات والفقائيع . وبهذه الطريقة، تطفو الجسيمات التي تكون أشد كثافة من السائل بحيث تزال بالكشط . وفي معالجة مياه الصرف، يُستعمل التعويم لإزالة المواد العالقة ولتكتيف الحمأة

البيولوجية. ويتميز التعويم عن الترسيب بإمكان إزالة الجسيمات الصغيرة والخفيفة بالكامل وفي وقت أقصر. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن إدخال عدة مضافات كيميائية لتحسين عملية الإزالة ، ويصف الجدول التالي طرق التعويم المختلفة.

جدول ٢-٩

طرق التعويم

الطريقة	وصف الطريقة
التعويم بالهواء المذاب	يحقن الهواء بينما تكون المياه العادمة تحت ضغط ضمن عدة وحدات . وبعد زمن استبقاء قصير ، يُعاد الضغط إلى المستوى الجوي بحيث يُطلق الهواء فقائيع صغيرة.
التعويم بالهواء	تتضمن هذه الطريقة إدخال غاز إلى الطور المسائل مباشرة عبر دفاعة مروحية أو ناشرات بمستوى الضغط الجوي.
التعويم بالتفريغ	تتضمن هذه الطريقة تشبيع مياه الصرف بالهواء، إما مباشرة في خزان التهوية بإدخال الهواء في جهة الشفط لمضخة مياه الصرف . ويفرغ الهواء جزئياً، ويطلق الهواء المذاب فقائيع صغيرة تعلق بها المواد الصلبة بحيث تشكل غطاءً من الرغوة وتزال الرغوة بالكشط وتنزع الحصى المترسبة من مجمع سطحي.
المضافات الكيميائية	تساعد المواد الكيميائية في عملية التعويم بإنتاج سطح قابل لامتزاز أو حبس فقائيع الهواء ، ويمكن استخدام المواد الكيميائية غير العضوية والبوليمرات العضوية المختلفة لهذا الغرض.
لمصدر : Metcalf and Eddy, Inc	

إزالة الزيوت والدهون بالهواء المذاب

Removal of Oils and Grease by Dissolved Air Floatation

في مياه الصرف الصحي تمثل الزيوت والدهون من ١٥-٢٠% من المواد العضوية مقاسة كأكسجين حيوي مستهلك وقد تصل تركيزات الزيوت والدهون ٣٠-٥٠ مجم /لتر في مياه الصرف ، أما مياه الصرف الصحي المحتوية علي مخلفات أنشطة صناعية فانها تحتوي علي تركيزات عالية من الزيوت والدهون .

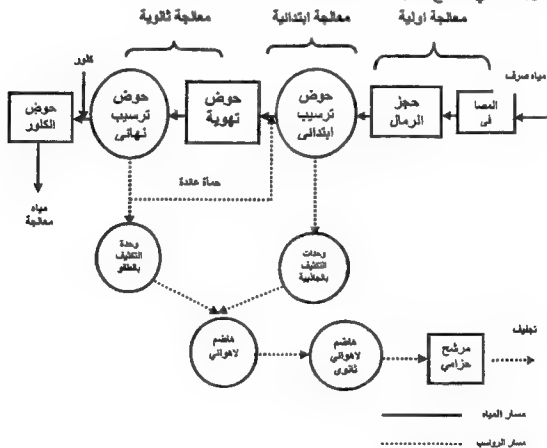
وتستخدم وحدات الطفو بالهواء المذاب في إزالة الزيوت والدهون داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتعتمد فكرة الطفو بالهواء المذاب علي أن الزيوت والدهون التي تطفو فوق سطح الماء لها جاذبية نوعية اقل من كثافة المياه(كثافة الماء تساوي ١,٠)

الطفو بالهواء المذاب يزيد من معدل فصل الجزيئات والتي لها جاذبية نوعية اقل من ١,٠ بالتصاق فقاعات الهواء الصغيرة جدا بجزيئات الزيوت والدهون جاعلا الفقاعات تطفو فوق سطح السائل.

ونظام الطفو المذاب يتم فيه توليد جزيئات وفقاعات هواء يتراوح قطرها ما بين ٥ الي ١٠٠ ميكرون أي في حجم وقطر شعرة الإنسان أو حبة اللقاح .
الطفو بالهواء المذاب له القدرة علي جعل المواد تطفو والتي لها جاذبية نوعية اكبر من ١,٠ وذلك في حالة ان الجاذبية النوعية لكل من المواد الصلبة وفقاعات الهواء معا اقل من ١,٠ بتلامس الهواء مع المواد المتكتلة .

في هذا النظام يتم ملامسة الهواء لمياه الصرف وهذه الملامسة تتم تحت ضغط عالي مما يؤدي الي إذابة الهواء . ويتم خفض الضغط علي سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقائع هواء صغيرة جدا تماثل حجم الميكرون وترفع الزيوت والدهون الصافية الي سطح المياه حيث يسهل ازالتها وكشطها عن طريق الكاشط Skimmer .

التصاق فقاعات الهواء من خلال المزيج المعلق (المحتوي علي مياه الصرف والزيوت والدهون) يجعل جزيئات وحببيات الزيوت والدهون تطفو علي السطح نتيجة لتراكم الهواء علي سطح الجزيئات واصطدام الفقاعات المتصاعدة مع الجزيئات العالقة وانحباس فقاعات الهواء الغازية اثناء تصاعدها اسفل الجزيئات وامتزاز الغاز من خلال الكتل الهلامية المتكونة او المترسبة حول فقاعات الهواء . والمزيج المتكون عن اختلاط الهواء بالزيوت والدهون والذي يسمى مزيج الهواء / الزيوت والدهون له جانبية نوعية (وزن نوعي) أقل من الجانبية للنوعية للمياه بمفردها مما يؤدي الي طفو الزيوت والدهون حيث تكفي قوة الطفو للمزيج لرفع الجزيئات الي سطح المياه.



شكل ٢-١٨ مخطط يبين مرحلة التخليط بالطفو لمشروع لمعالجة صرف صحي

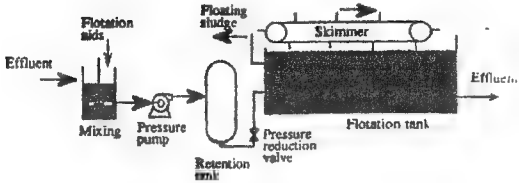
وهناك عوامل تحدد كفاءة المعالجة وحدات الطفو والتعويم بالهواء المذاب

- حجم حوض فصل الزيوت
- معدل التدفق الداخل للوحدة.
- معدل ذوبان الهواء في المياه.
- تركيز الزيوت والدهون في المياه

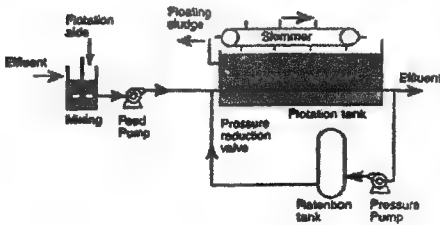
وهناك نوعين من الوحدات كما يبين الشكل التالي

١- وحدات الطفو بالهواء المذاب بدون إعادة تدوير

٢- وحدات الطفو بالهواء المذاب مع إعادة تدوير



شكل ١٩-٢ وحدات الطفو بالهواء المذاب بدون إعادة تدوير



شكل ٢٠-٢ وحدات الطفو بالهواء المذاب مع إعادة تدوير

٢-٩. التناضح العكسي Reverse Osmosis

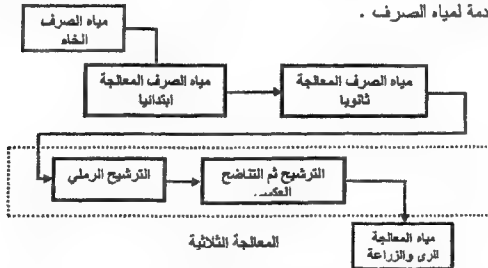
أتجهت النظم الحديثة في معالجة مياه الصرف الي الاستفادة من تكنولوجيا الأسموزية العكسية فتم ادخال هذه التكنولوجيا كاحد مراحل المعالجة المتقدمة لمياه الصرف ، حيث يتم استخدامها علي المياه المعالجة الناتجة عن العمليات الابتدائية والثانوية لمياه الصرف.

واستخدام تكنولوجيا التناضح العكسي تمكن من استخدام مياه الصرف المعالجة في جميع اغراض الري والزراعة بالاضافة الي امكانية اعاده تدويرها في العمليات الصناعية المختلفة .

كما لقد تم في الآونة الأخيرة إجراء العديد من التطوير على أغشية الاسموزية العكسية بجعلها أرفع وذلك لتقليل مقاومة السريان إلى أدنى حد.

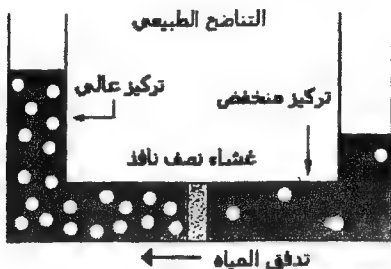
وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي هما: تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة .

والشكل التالي يبين مخطط لمشروع يتم استخدام التناضح العكسي لمعالجة ثلاثية متقدمة لمياه الصرف .



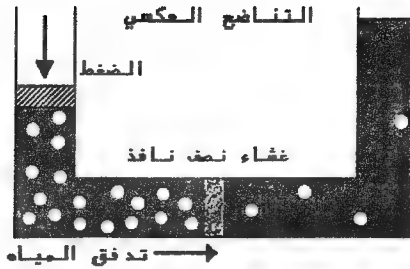
شكل ٢-٢١ مخطط لعمليات المعالجة الثلاثية بالتناضح العكسي لاستخدامها في الري والزراعة

التناضح العكسي (الاسموزية العكسية) (Reverse Osmosis)
 التناضح أو الاسموزية هو عبارة عن انتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامي إلى المذاب ويوضح الشكل التالي الاسموزية الطبيعية أو التناضح الطبيعي



شكل ٢-٢٢ التناضح الطبيعي

وكما هو موضح في الشكل فإن المياه تنتقل من المنطقة ذات التركيز المنخفض للاملاح الي المنطقة ذات التركيز المرتفع عبر الغشاء شبه المنفذ ، حتي يتم التوازن بين تركيز الأملاح علي جانبي الغشاء.
 اما عملية الاسموزية العكسية فتتم لدفع المياه تحت ضغط مرتفع وقوة يسمح لها بتخطي الغشاء باتجاه عكسي لما يحدث في الاسموزية الطبيعية مما يؤدي الي نفاذ المياه النقية تاركة الأملاح والملوثات الاخرى مثل البكتريا والفيروسات .
 وهذا يتضح من خلال الشكل التالي الذي يبين فكرة الاسموزية العكسية



شكل ٢-٢٣ للتناضح العكسي

ويتكون نظام التناضح العكسي من الآتي:

١. مرحلة المعالجة الأولية (ما قبل للمعالجة).

٢. مرحلة الضغط.

٣. مرحلة الفصل باستخدام الأغشية .

٤. مرحلة المعالجة النهائية او مرحلة التثبيت.

مرحلة المعالجة الأولية (ما قبل المعالجة) .

وفيها يتم معالجة مياه التغذية لتكون منسجمة ومتوافقة مع خصائص وظروف عمل الأغشية ولتكون خالية من المواد الصلبة العالقة عبر الفلتر الرملية ووحدات الفرشيش الميكرونية وظبط الرقم الهيدروجيني وإضافة كيماويات معينة لمنع تكون القشور (التكلسات) ومنع ترسب الكائنات الحية الدقيقة ونموها على الأغشية. وإذا احتوت المياه على الحديد والمنجنيز مثل مياه الآبار لابد من تركيب وحدة لإزالة الحديد والمنجنيز .

مرحلة الضغط :

وفيه يتم رفع ضغط المياه المتدفقة المعالجة الأولية الي مستوى ضغط يناسب الأغشية المستخدمة حسب نسبة الأملاح في المياه الخام .

وهذا الضغط لابد ان يكون كافيا لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح ، وهذا الضغط يتراوح ما بين ١٧ إلى ٢٧ باراً (250 – 400) رطل على البوصة المربعة (لمياه الأكبار و ٤٥ إلى ٨٠ باراً (٨٠٠ – ١١٨٠ رطل على البوصة المربعة) لمياه البحر .

٣. مرحلة الفصل باستخدام الأغشية

في هذه المرحلة تسمح الأغشية شبه المنفذة بنفاذ المياه فقط أما الأملاح والملوثات فلا تتقذ ويتم تحويلها الي خط الصرف ذات التركيز الملحي العالي ، مع العلم أن هناك نسبة قليلة جدا من الأملاح (بعض أملاح الصوديوم والبوتاسيوم) تبقى مع دفق المياه المنقاه العذبة وذلك لعدم قدرة الأغشية علي حجز كافة الأملاح وليس هناك غشاء محكم إحكاما كاملا في طرد الأملاح مما يؤدي الي عبور هذه النسبة القليلة جدا .

والجدول التالي يبين اهم الأملاح التي يمكن لوحداث التناضح العكسي حجزها وإزالتها ومنها مواد قد تتواجد في بعض أنواع مياه الصرف .

جدول ٢-١٠

الأملاح المزالة بواسطة وحدات التناضح العكسي

الأملاح	الوزن الجزيئي	نسبة الحجز %
فلوريد الصوديوم NaF	٤٢	٨٥
سيانيد الصوديوم NaCN pH 11	٤٩	٨٥
كلوريد الصوديوم NaCL	٥٨	٨٠
بيكربونات الصوديوم NaHCO3	٨٤	٨٨
نترات الصوديوم NaNO3	٨٥	٩٣
كلوريد الماغنسيوم MgCL	٩٥	٩٨
كلوريد الكالسيوم CaCL	١١١	٩٩
كبريتات الماغنسيوم MgSO4	١٢٠	٩٨
كبريتات النيكل NiSO4	١٥٥	٩٩
كبريتات النحاس CuSO4	١٦٠	٩٩
الفورمالدهيد	٣٠	٣٥
الكحول الايثيلي	٤٦	٧٠
الكحول الميثيلي	٣٢	٢٥
الكحول الايزوبروبيلي	٦٠	٩٠
اليوريا	٦٠	٧٠
حمض الالكتيك	٩٠	٩٤
الجلوكوز	١٨٠	٩٨
السكروز	٣٤٢	٩٩
المبيدات الكلورينية	-	٩٩

ولرفع كفاءة عملية التناضح العكسي لا بد من الاختيار الجيد للغشاء المناسب طبقاً للخواص التالية :

١. الغشاء له القدرة على حجز نسبة عالية من الأيونات والأملاح .
 ٢. لا بد من وجود تدفق مناسب للماء لإتمام الاتسياب .
 ٣. لا بد أن يكون الغشاء سهل التشييد في وحدات الترشيح الغشائي .
 ٤. لا بد أن يتحمل الغشاء للضغط الواقع عليه .
 ٥. لا بد أن تكون للغشاء متانة ميكانيكية جيدة .
 ٦. لا بد أن يعيش الغشاء لفترة مناسبة .
 ٧. لا بد أن يحتوي الغشاء على مدى تشغيلي كبير للأيونات الموجودة في الماء الخام والضغط ودرجة الحرارة ومقاومة التفاعلات الكيميائية والحيوية ويمكن أن يعمل في ظروف مختلفة .
 ٨. لا بد أن يكون سعر الغشاء مناسب ورخيص .
 ٩. لا بد أن يأتي الغشاء بمشاكل للتآكل والرائحة وسهل نظافته.
- تطبيقات التناضح العكسي علي معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي
- هناك العديد من التطبيقات التي يستخدم فيها التناضح العكسي لإزالة المركبات والأملاح من مياه الصرف وخاصة مياه الصرف الصحي والصرف الصناعي ويستخدم التناضح العكسي في إزالة ملوثات الصرف الصناعي لكثير من الصناعات ذات الملوثات الغير تقليدية مثل صناعات طلاء المعادن والطلاء الكهربائي وصناعات الورق وغيرها.
- والجدول التالي يبين التطبيقات المختلفة للتناضح العكسي في إزالة ملوثات الصرف الصحي والصناعي.

جدول ٢- ١١

المواد والمركبات التي تزال بوحدات التناضح العكسي	التطبيق (مخلفات الصناعة)
اتواع عديدة من الاملاح	مياه البحر - مياه الابار المالحة - وحدات التقطير
مختلف المواد العضوية المبيدات - مبيدات الاعشاب - المواد العضوية القطبية - الفينولات الهيدروكربونات الكلوراثية - الامينات	المخلفات العضوية
النيكل - الكروم - الالومنيوم - الكاديوم - الذهب - حمض الكبريتيك	الطلاء الكهربى - طلاء المعادن
المسائل الاسود - نكزات غسيل المياه والورق - مواد التبييض	مخلفات صناعات ومعالجة الورق واللب
بقايا اللحوم - المواد العضوية - مخلفات عصر الزيتون -	مخلفات صناعات ومعالجة المواد الغذائية
بعض النظائر المشعة - مركبات اليورانيوم - نترات اليورانيوم	مخلفات معالجة المواد ذات النشاط الإشعاعي
الالوان الصناعية - المواد العضوية - الاملاح الذائبة	مخلفات الصناعات النسيجية
المواد العضوية - الاملاح الذائبة - الكربون العضوي - المواد المسببة للقتوية - النترات - العناصر الثقيلة	المياه شديدة التلوث
المواد العضوية - الاملاح الذائبة - الكربون العضوي - القلويات البرازية	مياه الصرف الصحي

تكنولوجيا التناضح العكسي والتكلفة

تنافس تكنولوجيا الأغشية حالياً تكنولوجيا المعالجة التقليدية بسبب تناقص كلفتها وتحسن أدائها المستمر. ومع أنه لا يمكن الطعن بأداء تكنولوجيا الأغشية وإمكان تشغيلها على مساحات قليلة من الأرض، وسهولة تشغيلها وصيانتها، يلزم تغيير المعتقدات السائدة وتثبيت جدوى هذه التكنولوجيا عن طريق بيانات الكلفة.

التكاليف النموذجية للتناضح العكسي

أ - كلفة المعدات

تضمّ كلفة معدات التناضح العكسي عادة العناصر التالية :

- * وحدة الأغشية.
- * معدات التطهير.
- * المضخات.
- * النافخات.
- * معدات التحكم والخزانات.

وتتناسب كلفة وحدة الأغشية مع سعة المحطة، بينما يمكن تحقيق وفور الحجم في حالة سائر المعدات. إلا أن هذه الوفور تفقد أهميتها في الأنظمة ذات السعة الكبيرة (أكثر من مليوني جالون في اليوم) لأن كلفة وحدة الأغشية تشكل القسط الأكبر من مجمل الكلفة.

وأظهر مسح أجري على ٢٥ منشأة حديثة في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، أن كلفة المعدات تتراوح بين ٠,٤ - ٠,٨ دولارات لكل جالون في اليوم .

وتؤثر كلفة معدات المعالجة التمهيدية على طبيعة المياه الداخلة ويبلغ متوسطها نحو ٣٠ في المائة من كلفة وحدة التناضح العكسي. وتتراوح كلفة معدات الصقل بين ٣٠ و ٥٠ في المائة من كلفة وحدة التناضح العكسي، بينما تصل كلفة تركيب النظام بأكمله إلى ٣٠ في المائة تقريباً من كلفة وحدة التناضح العكسي.

وخلال السبعينات والثمانينات، بقيت أسعار وحدات الأغشية ثابتة في أوروبا، بينما تناقصت في الولايات المتحدة الأمريكية. ويعزى هذا التناقص إلى تبني عدد من الصناعات في الولايات المتحدة الأمريكية لهذه التكنولوجيا. ففي أواخر الثمانينات، ساهم استخدام صناعة الألبان للوحدات الملفوفة حلزونياً، في خفض سعر هذا النوع من الوحدات ثلاث مرات، أي من ١٤٠٠ دولار لكل متر مربع من مساحة الغشاء إلى ٣٧٠ دولاراً. ويتراوح السعر الحالي لوحدة مماثلة بين ١٥٠ و ٢٥٠ دولاراً لكل متر مربع من مساحة الغشاء. وسيؤدي هبوط الأسعار إلى توسيع قاعدة الزبائن، مع صعوبة في الحصول على خدمات وتأمينات بسعر منخفض. وتتفاوت أسعار أنظمة الأغشية كثيراً بين بلد وآخر وتتأثر بعدد الوحدات وطريقة صناعتها.

Elarde, J. R. and Bergman, R. A, "The cost of membrane filtration for municipal water supplies", in: *Membrane ()Practices for water treatment*. Edited by S. J Duranceau, American Water Works Association, 2001.

Wagner. *Membrane filtration handbook: practical tips and hints*. Osmonics, Inc., 2001

ب- كلفة بناء المحطة

تتفاوت تكاليف بناء محطات التناضح العكسي كثيراً بسبب الفروق في معدّات المعالجة التمهيدية والتشكيلة المستخدمة والموقع. ويمكن تحقيق وفورات الحجم حتى سعة خمسة ملايين غالون في اليوم.

ج- تكاليف التشغيل والصيانة

باستثناء كلفة اليد العاملة، تضم التكاليف الحرجة للتشغيل والصيانة كلفة تبديل الأغشية والمواد الكيميائية والطاقة. وتتناسب هذه التكاليف عادة مع سعة المحطة، ويمكن تحقيق وفورات الحجم حتى سعة خمسة ملايين جالون في اليوم. وتتراوح تكاليف التشغيل والصيانة في المحطات الكبيرة السعة بين ٠,١ إلى ٠,١٥ دولار لكل ألف جالون في اليوم تقريباً (وتباين كلفة المواد الكيميائية حسب الموقع. وهذه المواد تضم عوامل التخثر، والملح، وعوامل التهئة الكيميائية، والعوامل المختزلة، والمواد المانعة للتعرّش، وعوامل التثبيث.

وتستهلك عمليات التناضح العكسي الكثير من الطاقة . فوحدة التناضح العكسي
مجهزة بمضخة ذات فعالية تساوي ٧٨ في المائة، ومحرك ذي فعالية تساوي ٩٣
في المائة، وتحتاج إلى ٤ كيلواط/ساعة لكل ألف غالون من المياه المعالجة .
ويتأثر استهلاك الطاقة بنوعية المياه الداخلة، فمعالجة مياه البحر، مثلاً، تستهلك
نحو ٢٥ إلى ٣٠ كيلواط/ساعة لكل ألف غالون، وذلك بسبب الحاجة إلى تشغيل
وحدة التناضح العكسي بضغط مرتفع ومعدل استرجاع منخفض للمياه.

ويمثل تبديل الأغشية نسبة تتراوح بين ٦ و ١٠ في المائة من كلفة إنتاج المياه .
وكلفة الغشاء تستهلك عادة خلال مدة تتراوح بين ثلاث و خمس سنوات . ويقدر
سعر وحدة من نوع مركب رقيق الغشاء بحجم ٨ × ٤٠ إنش ب ١٢٠٠ دولار،
بينما يقدر سعر وحدة ماثلة لمعالجة مياه البحر ب ١٧٠٠ دولار، وتتنظف الأغشية
عموماً كل ستة أشهر، وهذه المدة تتأثر بنوعية المياه الداخلة، فإذا كانت المياه
الداخلة جيدة، يحتمل أن تطول المدة اللازمة لتنظيف الأغشية إلى ثلاث سنوات،
وإذا كانت المياه منخفضة الجودة يلزم التنظيف كل شهر واحد . ويبلغ متوسط كلفة
المواد الكيميائية اللازمة لتنظيف غشاء واحد نحو ٥٠ دولاراً.

وتشكل كلفة صيانة المعدات نحو ٢ في المائة من كلفة المعدات في حالة التناضح
العكسي لمياه الأجاج، وقد ترتفع إلى ٤ في المائة من كلفة المعدات في حالة مياه
البحر، وذلك بسبب الصدأ . وتشمل كلفة الصيانة تصليح ومعايرة المعدات
والمضخات، وتبديل السدادات والأنتيبب.

٢-١٠ . الأنظمة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف

تستفيد الأنظمة الطبيعية للمعالجة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي
تحدث في البيئة الطبيعية بتفاعل المياه والتربة والنباتات والكائنات الحية الدقيقة
والهواء وتشمل هذه الأنظمة المعالجة الأرضية والنباتات المائية العائمة والأراضي
الرطبة الاصطناعية . ويسبق المعالجة الطبيعية عادة نوع من المعالجة الابتدائية

الميكانيكية يستهدف نزع الأجسام الصلبة الكبيرة وفي حال توفر مساحة أرض مناسبة تشكل هذه الأنظمة الحل الأكثر فعالية من حيث كلفة الإنشاء والتشغيل، ولذلك تناسب المجتمعات للصغيرة والمناطق الريفية.

١- المعالجة الأرضية

تعمل المعالجة الأرضية عن طريق تسليط مُراقب لمياه الصرف فوق الأرض بمعدل متناسب مع العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الطبيعية التي تحدث فوق التربة وتحتها. وهناك ثلاثة أنواع أساسية لأنظمة المعالجة الأرضية هي: المعدل البطيء، والفيض، والترشح السريع.

(أ) المعدل البطيء

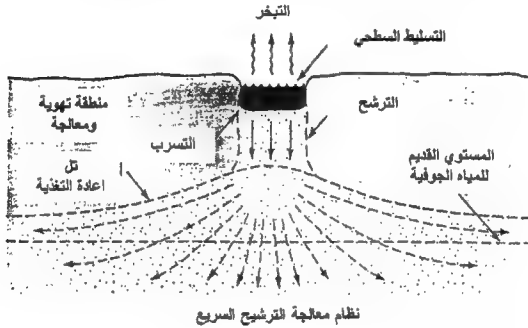
أنظمة المعدل البطيء هي النوع الأكثر استخداماً والأكثر فعالية في المعالجة الأرضية لمياه الصرف البلدية والصناعية. وتتضمن هذه التكنولوجيا عمليات معالجة مياه الصرف وإعادة استخدام المياه وتغذية المحاصيل وصرف المياه في آن واحد. وتسلب مياه الصرف على الأرض المزروعة باستخدام تقنيات متعددة ومنها الرش وري الأخاديد المنقطع، للحفاظ على ظروف هوائية في التربة. وتستهلك المياه إما عن طريق التبخر أو الترشيح عبر التربة بحيث تعالج المياه خلال ترشيحها. وتدخل المياه المرشحة طبقة المياه الجوفية، أو تعترضها المياه السطحية الطبيعية، أو تجمع في آبار لاسترجاع المياه.

وتصنف هذه الأنظمة حسب أهدافها إلى نوعين: الأول هدفه معالجة مياه الصرف، والثاني ري المحاصيل حيث تسلب مياه الصرف بكمية كافية لاحتياجات المحاصيل.

(ب) الترشيح السريع

الترشيح السريع من أكثر عمليات معالجة مياه الصرف تركيزاً، إذ تسلب حمولات عضوية وهيدروليكية مرتفعة نسبياً على أحواض ضحلة. وتستخدم عملية الترشيح السريع وطأة التربة للمعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. فالترشيح الفيزيائي

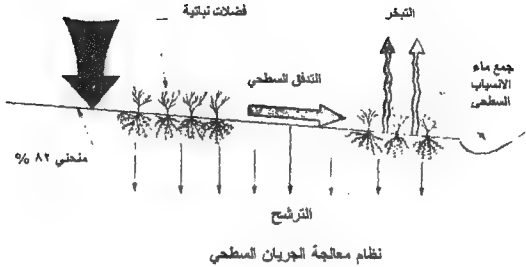
يجري على سطح التربة وداخل وطأتها؛ والترسيب الكيميائي والتبادل الأيوني والامتزاز خلال تسرب المياه عبر التربة؛ والأكسدة البيولوجية والتمثل والاختزال في الطبقة العليا من التربة . ولا تكفى هذه الأراضي بالخضرة . وتصمم أنظمة الترشيح السريع بهدف إعادة تغذية المياه الجوفية وتخزين المياه المعالجة مؤقتاً .



(ج) الجريان السطحي

خلال عملية الجريان السطحي، تُعالج مياه الصرف خلال جريانها عبر شبكة من المنحدرات المكتسبة بالخضرة، وتُسلط بنقطة على القسم الأعلى لكل منحدر بحيث تجري إلى أسفل المنحدر حتى تصل إلى قناة لجمع المياه المناسبة على السطح . وتُتشر المياه بواسطة مرشحات أو أنابيب ذات مصدات.

وتُستخدم عملية الجريان السطحي على تربة ذات سطح غير منفذ للمياه وتخضع مياه الصرف خلال جريانها لعدد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، وتصمم عمليات الجريان السطحي لإجراء معالجة ثانوية أو متقدمة أو لنزع المغذيات. كما يبين الشكل التالي.



٢- الأراضي الرطبة الاصطناعية

الأراضي الرطبة هي أراض مغمورة بالمياه على عمق أقل من قدمين، تنمو فيها نباتات ظاهرة بحيث تؤمن سطوحًا تساعد على تثبيت طبقة رقيقة من البكتيريا، وتساعد على ترشيح وامتزاز مكونات مياه الصرف، وتحويل الأكسجين إلى عمود المياه والتحكم بنمو الطحالب عبر حصر دخول ضوء الشمس. وهناك نوعان من الأراضي الرطبة الاصطناعية، فالنوع الأول يتكون من أحواض ضحلة متوازية ذات قاع غير منفذ للمياه ونباتات ظاهرة، تعالج عبر جذوعها وجذورها مياه الصرف المصفاة سابقًا؛ والنوع الثاني يتكون من الأراضي الرطبة الاصطناعية من قننوات ممثلة بالحصى والرمل ووسائط أخرى نافذة للمياه حيث تزرع نباتات ظاهرة، وتعالج المياه العادمة من خلال مرورها عبر المرشح المكون من الرمل والنباتات. وتصمم هذه الأنظمة بهدف المعالجة الثانوية أو المتقدمة.

٣-النباتات المائية العائمة

يشبه نظام النباتات المائية العائمة نظام الأراضي الرطبة من النوع الأول المذكور آنفاً، إلا أن النباتات المستخدمة هي من النوع العائم، والمياه أعمق منها في الأراضي الرطبة، وتقارب الستة أقدام.

والنباتات العائمة تساعد على منع ضوء الشمس وتخفيف نمو الطحالب، وقد أثبتت فعاليتها في تخفيف الطلب البيولوجي على الأكسجين، والنيروجين، ونزع المعادن والمواد العضوية النزرة، ونزع الطحالب من البحيرات وتثبيت المياه الخارجة . ويمكن استعمال التهوية الإضافية للنباتات العائمة بهدف زيادة قدرة المعالجة والحفاظ على الظروف الهوائية اللازمة للتحكم البيولوجي للبعوض.

ويتضمن الجدول التالي مقارنة بين عمليات المعالجة الطبيعية الأساسية.

الجدول ٢-١٢

مقارنة عمليات المعالجة الطبيعية الأساسية

الخصائص	المعدل البطيء	الترشيح السريع	الجريان السطحي	الأراضي الرطبة	النباتات المائية العائمة
الظروف المناخية	تخزين ضروري خلال الطقس البارد وهطول الأمطار	لا إمكان لتعديل العملية في الطقس البارد	تخزين ضروري خلال الطقس البارد وهطول الأمطار	التخزين قد يكون ضروريا خلال الطقس البارد	التخزين قد يكون ضروريا خلال الطقس البارد
العمق للمياه الجوفية	٢ إلى ٣ أقدام على الأقل	١٠ أقدام (عمق أقل مقبول في حالة الصرف السفلي)	غير حرج	غير حرج	غير حرج
الانحدار	أقل من ١٥ في المائة فوق الأراضي	غير حرج غير أن الانحدار	نهاية منحدر ١ إلى ٨ في المائة	عادة أقل من ٥ في المائة	عادة أقل من ٥ في المائة

			المفرط يتطلب الكثير من اعمال الحفر	المزروعة؛ أقل من ٤٠ في المائة فوق الأحراج	
بطينة الي معتدلة	بطينة الي معتدلة	بطين (صلصال) طين وتربة ذات حواجز غير منفذة	سريع رمل وطفل رملي	بطينة باعتدال الي سريعة باعتدال	إنفاذية التربة
تسليط سطحي	مرشات أو تسليط سطحي	مرشات أو تسليط سطحي	تسليط سطحي عادة	مرشات أو تسليط سطحي	تقنية التسليط
الترسيب الاولي	الترسيب الاولي	التصفية	الترسيب الاولي	الترسيب الاولي	المعالجة البسيطة قبل التسليط
بعض التبخر والنتح	التبخر والنتح والترشيح و الانسياب السطحي	الانسياب السطحي والتبخر مع بعض الترشيح	الترشيح اماسا	التبخر والنتح والتريش	التخلص من مياه الصرف المستأطة
ضرورية	ضرورية	ضرورية	اختيارية	ضرورية	الحاجة إلى الخصرة
نوعية المياه الخارجة المتوقعة / مجم / لتر					
-	-	اكبر من ١٠	اكبر من ٢	اكبر من ٢	الأكسجين الحيوي المستهلك
		اكبر من ١٥	اكبر من ٢	اكبر من ١	المواد الصلبة العائقة
		اكبر من ١	اكبر من ٠,٥	اكبر من ٠,٥	الأمونيا نيتروجين
		اكبر من ٥	اكبر من ١٠	اكبر من ٣	مجموع النيتروجين
		اكبر من ٤	اكبر من ١	اكبر من ٠,١	مجموع النيتروجين
المصدر Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering. 3rd ed. S. C. Reed, E. J. Middlebrooks and R. W. Crites, Natural systems for waste management and treatment. New York, McGraw Hill 1990					

الباب الثالث

عمليات المعالجة الكيميائية

لمياه الصرف

- ١-٣. عمليات المعالجة الكيميائية
- ٢-٣. الكيماويات المستخدمة في عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف
- ٣-٣. الترسيب الكيميائي
- ١-٣-٣. عملية الترسيب الكيميائي
- ٢-٣-٣. الترسيب الكيميائي لتحسين أداء محطات مياه الصرف
- ٣-٣-٣. إزالة الفسفور.
- ٤-٣-٣. العناصر الثقيلة.
- ١-٤-٣-٣. إزالة العناصر الثقيلة بالترسيب الكيميائي.
- ٤-٣. التعادل
- ٥-٣. الأمتزاز بالكربون المنشط
- ٦-٣. التطهير
- ٧-٣. التطهير بالكلور (الكلورة)
- ٨-٣. نزع الكلور

الباب الثالث

عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

٣-١. عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

وهي طرق وعمليات المعالجة التي يتم فيها إزالة أو تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق اضافة الكيماويات أو عن طريق التفاعلات الكيميائية ، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائي والادمصاص والتطهير وهذه العمليات السالف ذكرها من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصحي وتدمج عمليات المعالجة الكيميائية عادة مع العمليات الفيزيائية والبيولوجية.

فمثلا الترسيب الكيميائي (بأستخدام الكيماويات) يتم بأستخدام مرسبات كيميائية لتنشيط والأسراع بعملية الترسيب حيث يترسب كلا من المرسب والمادة المراد ترسيبها ، بينما يتم الادمصاص كمثال اخر للمعالجة الكيميائية عن طريق إزالة الملوثات من المياه الملوثة علي سطح مادة الادمصاص بفعل قوتي التجاذب بين الأجسام .

وتتمثل المعالجة الكيميائية في عمليات التطهير باضافة الكلور والتي تعرف بالكلورة ، وايضا اضافة بعض البوليمرات أو الكيماويات التي تساعد علي تجفيف وإزالة الماء من الحماة الناتجة من مراحل الهضم اللاهوائي .

وعامة في مجال معالجة مياه الصرف الصحي تستخدم وحدات المعالجة الكيميائية مرتبطة ومكاملة لوحدات المعالجة الفيزيائية .

وهناك بعض العوامل التي يعتمد عليها في اختيار نظام المعالجة الكيميائية منها ما يرتبط بالماء المراد معالجته ومنها ما هو خاص بالعملية نفسها وتتلخص العوامل في الآتي:

- كمية ونوعية الماء الملوث.
- كلفة وتوفر الكيماويات اللازمة.

- سلامة وأمان العملية وكمية ونوعية الملوثات الناتجة.
- كمية ونوعية (الرواسب الصلبة) الحمأة الناتجة .

ومن الجدير بالذكر ان الحاجة إلى ضبط العمليات هنا أكبر منها في حالة أنظمة المعالجة البيولوجية:

فإذا استخدمت المواد الكيميائية بكميات زائدة أو إذا لم يتح زمن تلامس مناسب فإن التفاعلات الكيميائية لن تتم بالشكل الأمثل وينتج عن ذلك تشكل ملوثات أخرى جديدة صعبة المعالجة ولهذا فإن نظام المعالجة العام واختيار العمليات يجب أن يتم على ضوء دراسة طبيعة وخصائص الماء الملوث وأن يكون مسبوقاً بدراسة معملية مستفيضة.

الجدول التالي يبين أنواع عديدة من عمليات المعالجة الكيميائية والغرض من تطبيق هذه العمليات.

جدول ٣-١

عمليات المعالجة الكيميائية وتطبيقاتها

عملية المعالجة	تطبيق عملية المعالجة والغرض منها
الترسيب الكيميائي Chemical precipitation	مثل عمليات ازالة الفسفور وعمليات تحفيز واسراع ازالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الابتدائي .
الامتزاز Adsorption	ازالة المواد العضوية والتي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية.
التطهير Disinfection	تدمير وقتل الكائنات المرضية بوسائل للتطهير المتعددة .
التطهير بالكور (الكلورة) Chlorination	تدمير وقتل الكائنات المرضية باستخدام الكلور أو مركباته ، كأحد اكثر الطرق شيوعا

في تطهير مياه الصرف الصحي.	
إزالة الكلور الكلي المتبقي للمتحّد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة .	نزع الكلور Dechlorination
إزالة الأيونات وبعض العناصر الغير مرغوب فيها .	التبادل الايوني Ion Exchange
اي تطبيقات يستخدم فيها الكيماويات لتحقيق اهداف معينة في معالجة مياه الصرف .	تطبيقات كيميائية اخري
Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill2002,	

والمعالجة الكيميائية لها بعض العيوب بالمقارنة بطرق ووحدات المعالجة الاخرى مثل وحدات المعالجة الفيزيائية ، وهذه العيوب تتمثل في ان عمليات المعالجة الكيميائية هي عمليات إضافة مواد (يتم فيها إضافة مواد معينة) ففي كثير من الأحيان هناك مادة معينة تضاف لمياه الصرف لإزالة ملوث أو مكون معين يتبعه زيادة في النهاية للمواد والمكونات الذائبة لمياه الصرف.

٣-٢. الكيماويات المستخدمة في عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

تتعد الكيماويات التي تستخدم في العمليات الكيميائية لمعالجة مياه الصرف فقد تستخدم كيماويات للمساعدة في عمليات الترويب والترسيب الكيميائي أو في تكثيف الحمأة أو في تطهير مياه الصرف المعالجة أو في حل بعض مشاكل المعالجة البيولوجية كتضخم الحمأة . والجدول التالي يبين بعض الكيماويات الشائعة الاستخدام في بعض مشاريع معالجة مياه الصرف.

جدول ٣-٢

المواد الكيميائية واستخداماتها

المادة الكيميائية	الاستخدام
كبريتات الألمونيوم (الشبه)	الترويب - إزالة الفسفور كيميائياً من مياه الصرف (الصحي- الصناعي - الزراعي)
كلوريد الحديدك	الترويب- الترسيب الكيميائي -تكييف الحماة
كبريتات الحديدوز	الترويب- الترسيب الكيميائي
كبريتات الحديدك	الترويب- الترسيب الكيميائي
الجير	الترويب - إزالة الفسفور - تكييف الحماة - ضبط الرقم الهيدروجيني
السيليكا المنشطة	المساعدة في الترويب
الامونيا	اضافة الغذاء (عنصر النتروجين) للبكتريا في المعالجة البيولوجية
حمض الفوسفوريك	اضافة الغذاء (عنصر الفسفور) للبكتريا في المعالجة البيولوجية
البوليمرات	التزغيب
البوليمرات العضوية	تكثيف وتكييف الحماة
الصودا الكاوية	ضبط الرقم الهيدروجيني
حمض الكبريتيك	ضبط الرقم الهيدروجيني
كربونات الصوديوم	ضبط الرقم الهيدروجيني
الكربون المنشط	امتزاز المواد العضوية - إزالة العناصر الثقيلة - إزالة الروائح
فوق أكسيد الهيدروجين	التحكم والميطرة على نمو الكائنات الخيطية وعلاج تضخم الحماة في وحدات المعالجة البيولوجية
غاز الكلور	تطهير مياه الصرف المعالجة - التحكم والميطرة على نمو الكائنات الخيطية وعلاج تضخم الحماة في وحدات المعالجة البيولوجية
كلوريد البروم	تطهير مياه الصرف المعالجة
الاوزون	تطهير مياه الصرف المعالجة

٣-٣. الترسيب الكيميائي Chemical precipitation

يساعد الترسيب الكيميائي لمياه الصرف الخام قبل الترسيب في تليد الأجسام الصلبة المجزأة لتشكّل كتلا سهلة الترسيب . وبهذه الطريقة تزيد فعالية إزالة المواد الصلبة العالقة والفوسفور وغيرها بالمقارنة مع الترسيب العادي بدون إضافة كيماويات . وتتأثر درجة النصفية الناتجة بكمية المواد الكيميائية المضافة ودقة التحكم بالعملية. في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائي تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي و BOD من المياه في حالات:

١- اختلاف تركيز للصرف على مدار الفصول

٢- الاحتياج إلى درجة معالجة متوسطة

٣- كوسيلة مساعدة لعملية الترسيب الطبيعي.

وقد أدى الاحتياج إلى توفير الإزالة الكاملة للمركبات العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور) الموجودة بمياه الصرف إلى زيادة الاهتمام بالترسيب الكيميائي.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين أو الفوسفور أو كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائي إلى جانب المعالجة البيولوجية. ويتضمن الجدول التالي مقارنة لفعالية الإزالة في الترسيب العادي والكيميائي.

جدول ٣-٣

نسبة الإزالة %		المتغيرات
الترسيب الكيميائي	الترسيب العادي	
٩٠-٦٠	٧٠-٤٠	المواد الصلبة الكلية العالقة
٧٠-٤٠	٤٠-٢٥	الاكسجين الحيوي المستهلك
٦٠-٣٠	-	الاكسجين الكيميائي المستهلك
٩٠-٧٠	١٠-٥	الفوسفور
٩٠-٨٠	٦٠-٥٠	الحمل البكتيري
المصدر Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers		

الترسيب وعلاقته بقطر المواد القابلة للترسيب

بعد قطر المواد الموجودة في مياه الصرف من العوامل المحددة لنوعية الترسيب المناسبة لإزالة هذه المواد.

فالمواد الذائبة تتميز بانها ذات قطر اقل من ٠,٠٠١ ميكرومتر وبالتالي فانه لا بد من استخدام الترسيب الكيميائي لازالتها.

اما المواد الغروية فذات اقطار تتراوح بين ٠,٠٠١ الي ١ ميكرومتر فيمكن استخدام الترسيب الكيميائي أو الترويب لازالتها والمواد الجسيمية الأولية ذات اقطار تتراوح بين ١ الي ١٠٠ ميكرومتر لذا يستخدم الترويب أو المزج البطيء لازالتها .

أما الندف القابلة للترسيب فاقطارها اكبر من ١٠٠ ميكرومتر لذا فهي تترسب بالجاذبية اي بالترسيب العادي .

ويعتمد اختيار المادة الكيميائية المرسبة والتي تعرف بالمادة المخثرة تحقيقاً لترسيب معزّرٍ على الأداء والكلفة ومن المخثرات المستعملة عادةً لمعالجة المياه الصرف الشبّة وكلوريد الحديدك وكبريت الحديدك والكبريت الحديدي والكلس.

وتزال المواد الصلبة العالقة بالمعالجة الكيميائية عن طريق ثلاث عمليات متتابعة هي:

المزج السريع Coagulation

والتلبد المزج البطيء Flocculation

والترسيب Sedimentation

. ففي المرحلة الأولى، تضاف المادة الكيميائية وتمزج مزجاً سريعاً خلال ٢٠ إلى ٣٠ ثانية، ثم تلبّد الجسيمات عبر حث تدرّجات في السرعة بطريقة ميكانيكية، ويستلزم التلبّد ١٥ إلى ٣٠ دقيقة في حوضٍ مجهّزٍ بعنفة؛ وأخيراً تصفى المياه بتأثير الجاذبية . والتخثير، بالرغم من فعاليته، ينتج كمية أكبر من الحمأة الأولية التي يصعب تجفيفها ويتم بالصعوبة وأرتفاع كلفة التشغيل.

٣-٣-١. عملية الترسيب الكيميائي

الترسيب عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغيير فيزيوكيميائي للجسيمات ينتج عنه تلاحقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها. وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألومنيوم والكالسيوم والبوليمر .

ويستخدم في الترسيب بعض الكيماويات الغير قابلة للذوبان في الماء والتي تكون مع المياه ندف هلامية Flocc وهذه الندف تلتصق بالمواد العالقة في المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وترسب متمزة علي سطحها الجسيمات العالقة الدقيقة . وكيماويات الترسيب تحمل غالباً شحنة موجبة والاجسام العالقة تحمل شحنة سالبة وعندما يلتصقان يحدث نوعاً من تعادل الشحنات مما يسهل من عملية ترسيب المواد العالقة في المياه لزيادة وزنها وحجمها.

المادة المروية + المزج السريع ← الندف الهلامية
الندف + مزج بطيء ← تجمع وترسب الندف

تحدث عملية الترويب أثناء عملية المزج السريع للمياه. الغرض منه خلط محلول المروب مع الماء خلطاً سريعاً ينتج عنه مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً. هناك نظريتان لشرح طرق ثبات وعدم ثبات أنظمة المروبات:

١- النظرية الكيميائية التي تقترح أن المروبات عبارة عن مكونات ذات أساس كيميائي محدد تحدث نتيجة تفاعلات كيميائية معينة بين حبيبات الترويب والمروب الكيميائي المضاف.

٢- النظرية الفيزيائية تقترح أن الانخفاض في قوى الشد الموجودة لفصل الحبيبات عن بعضها تحدث من خلال الانخفاض في القوى الألكتروستاتيكية مثل قوة زيتا الثابتة.

وعملية الترسيب تتم علي ثلاث مراحل متتابعة وهي:-

○ تجهيز المادة المروبة

○ المزج السريع للمادة المروبة مع المياه.

○ المزج البطيء في احواض الترغيب

المروبات المستخدمة عادة هي كبريتات الالومنيوم (الشبه) وكبريتات الحديدك وكبريتات الحديدوز وكلوريد الحديدك والومنيات الصوديوم ، وفي بعض الحالات تستخدم البلمرات عالية الكثافة في عملية الترويب .

عملية تجهيز كيماويات الترويب

يجهز المحلول المرروب في خزانات معينة مجهزة أو صندوق معدني منقّب ثم يرش بالماء ثم يوضع المحلول في خزانات حيث يجهز تركيز للشبه مثلاً من ٣ الي ٥ % ويجب الا يقل التركيز عن ٢,٥ % .

أ- عملية المزج السريع (الترويب Coagulation)

تتوقف الطريقة المستخدمة في المزج السريع للمادة المروبة مع المياه علي نوع المادة المروبة وكمية المواد العالقة وحجم المحطة ومعدل التدفق، والغرض منه انتشار المادة المروبة في المياه بأسرع طريقة ممكنة ويتم ذلك فسي مدة قصيرة تتراوح بين ٢٥ الي ٦٥ دقيقة.

وتتم عملية المزج السريع بأحد الطرق الآتية :-

- ١- الخلط الميكانيكي وفيه يستخدم خلاط ميكانيكي لاتمام عملية المزج بحيث تكون سرعة القلاب (ذراع الخلط) ٣٠٠ الي ٦٠٠ لفة في الدقيقة .
- ٢- الخلط باستخدام المضخات وهو لايتأثر بمعدل التدفق .
- ٣- اضافة المادة المروبة في مدخل حوض المزج السريع
- ٤- الخلط في الخط.

العوامل التي تؤثر على كفاءة الترويب

١. تركيز أيون الهيدروجين في المياه.
٢. وجود الأيونات السالبة في المياه .
٣. تركيز المادة المروية المضافة.
٤. درجة ومعدل خلط المياه مع المادة المروية.
٥. تركيز المواد العالقة في المياه.
٦. درجة الحرارة.

ب- عملية المزج البطيء (Flocculation)

الهدف من هذه العملية هو التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة على سطح الكيماويات المضافة. يمكن تنفيذ هذه للعملية إما بالتحريك الميكانيكي أو بتحريك الهواء وتكون جديرة بالأخذ في الاعتبار عندما نحتاج إلى:

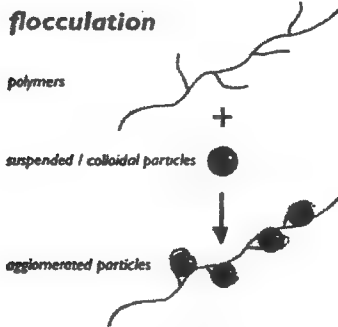
- زيادة نسبة التخلص من المواد العالقة والأكسجين الحيوي الممتص (BOD) في أحواض الترسيب الأولية.

- المعالجة النهائية لأنواع خاصة من مياه الصرف .

• تحسين أداء أحواض الترسيب الثانوية وخاصة في عمليات الحماة المنشطة وأيضا من أجل زيادة احتمالات الاصطدام بين حبيبات الترويب وبالتالي زيادة التصاقها ببعض لتكوين مواد صلبة قابلة للترسيب أو للترشيح. ويتم العملية من خلال التحريك المطول لحبيبات الترويب لزيادة الحجم والكثافة.

ويمكن إجراء هذه العملية في أحواض منفصلة تتواجد في تركيب المرووق. كما يمكن استخدام طريقة المزج البطيء باستعمال الهواء وفيها يجب ضبط نظام تزويد الهواء بحيث يمكن تغيير مستوى الطاقة في جميع أجزاء الحوض. وعادة يتم خفض كمية الطاقة الداخلة في كلا النظامين - الهوائي والميكانيكي - وذلك حتى لا يتم

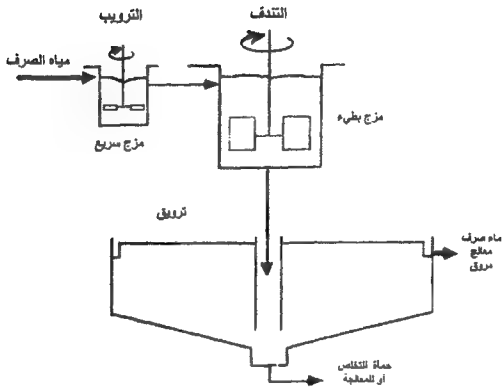
تكسير الجزيئات التي تجمعت وتكونت في بداية العملية خلال خروجها من خزان المزج البطيء.



شكل ١-٣ يبين اتحاد البوليمر بالمادة الغروية أو المادة العالقة

ج- الترسيب Sedimentation

وهي المرحلة الأخيرة من مراحل الترسيب الكيميائي فبعد تكون الندف الهلامية في المياه Floc تلتصق هذه الندف بالمواد العالقة في المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وترسب ممترزة علي سطحها الجسيمات العالقة الدقيقة. والشكل التالي يبين عمليات الترويب والتندف والترسيب داخل أحد مشاريع مياه الصرف .



شكل ٢-٣ مخطط لمحطة معالجة صرف بابين عمليات الترويب شاملة عمليات المزج البطيء والسريع والترسيب

٣-٣-٢. الترسيب الكيميائي لتحسين أداء محطات مياه الصرف

تم استخدام العديد من المواد الكيميائية للترسيب على مدى السنوات. ويوضح الجدول التالي أكثر هذه المواد استخداماً. وتعتمد درجة الترويق على كمية الكيماويات المستخدمة وعلى دقة التحكم في العملية نفسها. ويمكننا من خلال الترسيب الكيميائي الحصول على صرف ذي درجة عالية من النقاء وخال إلى حد كبير من المواد العالقة والرغوية.

والكيماويات المضافة لمياه الصرف تتفاعل مع مواد موجودة أصلا وطبيعيا في مياه الصرف (المركبات المسببة للتلوية) أو تتفاعل مع مواد قد تكون أضيفت لمياه الصرف.

جدول ٣-٤

الكيماويات المستخدمة في معالجة مياه الصرف بالترسيب الكيميائي

الوزن الجزئي	الرمز الكيميائي	المادة الكيميائية
٦٦٦,٧	aluminum sulphate $alum Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$	١. كبريتات الألمونيوم (الشبه)
٢٧٨,٠	Ferrous Sulphate $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	٢. كبريتات الحديدوز
٤٠٠	Ferric Sulphate $Fe_2 (SO_4)_3$	٣. كبريتات الحديدك
١٦٢,١	Ferric Chloride $FeCl_3$	٤. كلوريد الحديدك
as ٥٦ CaO	$Ca(OH)_2$	٥. هيدروكسيد الكالسيوم "جير مطفى"

ومن خلال الترسيب الكيميائي يمكن إزالة من ٨٠ إلى ٩٠ % من المواد العالقة الكلية ومن ٥٠-٨٠ % من الأكسجين الحيوي الممتص BOD ومن ٨٠-٩٠ % من نسبة البكتريا الموجودة في مياه الصرف. وفي المقابل يوفر الترسيب الطبيعي إزالة ٥٠ إلى ٧٠ % فقط من المواد العالقة الكلية و ٢٥ إلى ٤٠ % من البكتيريا. الكيماويات لا بد ان تضاف الي مياه الصرف ثم تخلط جيدا مع المياه حتي يتم التفاعل الكيميائي ويتكون المرسبات الزغبية والتي تنتقل الي احواض الترسيب حيث يترسب وترسب معها المواد العالقة الصغيرة جدا ذات الأحجام الدقيقة جدا . اما المواد العضوية الذائبة فلا تتأثر كثيرا بعمليات الترسيب الكيميائي اذا انها في اغلب الأحيان تحتاج الي بوليمرات وكيماويات خاصة .

تتناسب الكيماويات المضافة مع معدات تدفق مياه الصرف ، حيث تضبط الجرعات مما يعطي ندف و مواد زغبية يسهل ترسيبها في الأحواض .

المواد الكيميائية المستخدمة في الترسيب الكيميائي

١- (الشبة) كبريتات الالمونيوم المائية $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$

مياه الصرف تحتوي علي المواد المسببة للقلوية (بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات الماغنيسيوم) ،وعندما تضاف الشبة الي المياه فان التفاعل يسري علي النحو التالي



Aluminium
Sulfate

Calcium
Bicarbonate

Calcium
Sulfate

Aluminium
hydroxide

* تتكون ندف جيلاتينية من هيدروكسيد الالمونيوم والذي يترسب ببطء في مياه الصرف والذي يكسح ويجرف معه المواد العالقة في المياه محدثا ترويقا ملحوظا للمياه .

ولكي يتم هذا التفاعل بصورة جيدة لابد ان يتوفر في مياه الصرف المواد المسببة للقلوية مثل بيكربونات الكالسيوم والماغنيسيوم حتي يتم التفاعل بين هذه المواد والشبة محدثا ترسيب كيميائي .

وتتوقف استخلام الشبة كمادة مروبة علي اساس انه عند اضافتها الي المياه فان هيدروكسيد الالمونيوم يتحلل منتجا ايون الهيدروجين الذي يعمل علي خفض الرقم الهيدروجيني للماء كما توضح المعادلة الآتية :-



وطبقا للمعادلة السابقة فان كل تركيز من الشبة قدره ١٠ مجم / لتر يحتاج الي ٤,٥ - ٥,٠ مجم لكل لتر من القلوية ، ومن ثم فان قلت القلوية عن هذا التركيز

يلزم اضافة كمية من الجير لتعويض هذا النقص ولكن هذا قلما يحدث في مياه الصرف اذا تحتوي المياه علي كميات كافية من مركبات القلوية .
واهمية ضبط الرقم الهيدروجيني ترجع الي الزغابات والندف التي تتكون بفعل مروب الشبة قد تختفي في حالة نقص الرقم الهيدروجيني وكذلك في حالة زيادته فعند زيادته يتأين هيدروكسيد الالمونيوم الي الالومنيات التي تذوب في الماء .
ولذلك فقد أثبتت التجارب العملية ان افضل النتائج لتكوين الندف هي في مدى للرقم الهيدروجيني يتراوح بين ٦,٤ الي ٨,٠ .

جهاز تقدير جرة الشبة

يتكون الجهاز من ستة كؤوس من الزجاج سعة كل منها لتر بكل كأس قلاب كهربائي . ويوضع في كل كأس من مياه الصرف ثم يضاف إلى الكأس على التوالي كميات متزايدة من محلول الشب ١٠% أو أى مروب آخر ثم تحرك القلابات بسرعة ١٥٠ دورة في الدقيقة لمدة دقيقة لمزج المروب جيدا ثم تخفض السرعة تدريجيا لتصل إلى ٤٠ دورة في الدقيقة لمدة ٢٠ دقيقة . ويلاحظ أثناء ذلك تكوين الندف وحجمها بالكؤوس ثم تترك ٣٠ دقيقة لترسيب الندف . والكأس الذى يتكون به ندف في حجم راس الدبوس مع شفافية المياه بعد الترسيب تكون هي أنسب جرة للترويق

٢- كبريتات الحديدوز $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

في معظم الاحيان كبريتات الحديدوز لا تستخدم منفردة كمادة مرسبة لان الجير لايد ان يضاف في نفس الوقت للحصول علي مادة مرسبة جيدة . والتفاعل لكبريتات الحديدوز منفردة مع المياه يكون كالآتي :-



وعند اضافة الجير في صورة هيدروكسيد الكالسيوم فالتفاعل يسير علي النحو التالي :-



وهيدروكسيد الحديدوز يتأكسد لهيدروكسيد الحديدك الثلاثي بفعل الاكسجين الموجود الذائب بمياه الصرف.



هيدروكسيد الحديدك لا يذوب في الماء ويتكون في صورة نف جيلاتينية شبيهة بالنف المتكونة بالشبة، وبترسب حاملا معه المواد العالقة الموجودة في المياه .

وحسب المعادلات السابقة فان كل ١٠ مجم من كبريتات الحديدوز تحتاج الي ٤,٠ مجم من الجير و ٠,٢٩ مجم من الاكسجين الذائب.

ولان تكون الراسب الجيلاتيني من هيدروكسيد الحديدك يعتمد اساسا علي وجود الاكسجين الذائب في المياه ولان مياه الصرف الصحي او الصناعي تكاد تخلو من الاكسجين فان كبريتات الحديدك قد تسعمل بدلا من كبريتات الحديدوز كمادة مرسبة لمياه الصرف وفي هذه الحالة لايتطلب إضافة الجير أو الأكسجين الذائب .

كلوريد الحديدك FeCl_3 Ferric Chloride

يعد كلوريد الحديدك من اشهر واكثر المواد استخداما كمادة مرسبة لمياه الصرف الصحي والصناعي ، وكلوريد الحديدك يتميز بانه شديد النشاطية والعدوانية في حالته الصلبة أو السائلة ، واملاح الحديدك عامة عوامل اكسدة تزيل كبريتيد الهيدروجين وتحسن نوعية المياه ويستخدم بكثرة في تنقية مياه الصرف الصحي والصناعي وترسيب المعادن الثقيلة .

وقد يحتاج مركبات الحديدك إضافة مواد لزيادة القلوية مثل هيدروكسيد الكالسيوم وذلك لسهولة تكون هيدروكسيد الحديدك ، الا ان مياه الصرف الصحي قد تحتوي علي كميات كافية من مركبات القلوية .

والمعادلات التالية تشرح تفاعلات كلوريد الحديدك وكبريتات الحديدك.



- Ferric Chloride and Lime

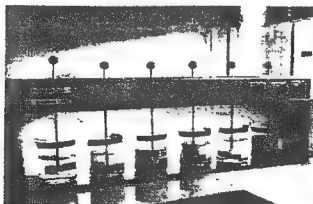


- Ferric Sulfate and Lime



اختبار القنينة لتحديد جرعة المادة المروية

يعد اختبار القنينة Jar Test من افضل الاختبارات لتحديد جرعة المادة المروية ولتعيين أفضل الظروف للترويب ، واختبار القنينة هو اختبار معلمي ويتكون جهاز من قاعدة مضاءة معلق عليها انزع للخلط عندها غالبا ستة انزع والانزع متصلة بعمود ادارة وتشغيل واحد والانزع متصلة بقلابات لعمل خلط للماء مع المادة المروية والجهاز مزود بعدة سرعات حيث تتغير السرعات بعدد اللفات في الدقيقة وذلك لمحاكاة عملية الخلط السريع وعملية الخلط البطيء والترسيب التي تحدث عمليا في الأحواض . وانزع الخلط تدور داخل كؤوس للخلط غالبا سعتها ١ لتر لكل كأس .



صورة لجهاز تقدير جرعة المادة المروية جهاز جار

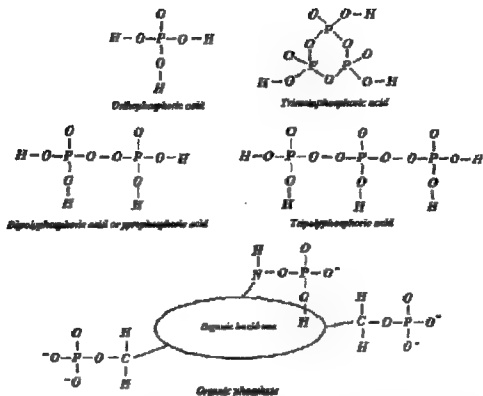
التجربة

١. تحضير عينات ماء الصرف المراد اختبارها وتوضع في الكؤوس.
٢. يشغل جهاز السرعات فتدور القلابات ثم تضاف المادة المروية ويتم خلط الماء مع المادة المروية بالخلط السريع لمدة من خمسة الي عشرة دقائق.
٣. تقلل السرعة ويحدث الخلط البطيء للماء مع المادة المروية وتكوين الزغبات وبعد تمام المرحلة يتم ايقاف القلابات حتي تعطي الفترة الزمنية لمدة ١٠-٣٠ دقيقة لرسوب الخليط أو لاي فترة زمنية مناسبة لحدوث الترسيب .
٤. تتم الملاحظة البصرية لكل جرعة من جرعات المادة المروية من حيث شكل الزغبات (حجم النذف ودرجة تجمعها) ودرجة صفاء المياه العلوية بعد الترسيب والزمن الذي استغرق في الترسيب.
٥. يتم اختبار المياه الرائقة بالنسبة للعكارة واللون والرقم الهيدروجيني أو اي قياسات اخري خاصة بازالة المواد العالقة .
٦. من خلال القياسات يتم تحديد جرعة المادة المروية المناسبة لافضل ترويب وافضل ترسيب لمياه الصرف .

٣-٣-٣. ازالة الفسفور

يعتبر الفوسفور أحد العناصر الرئيسية المغذية ومن الواجب تخفيضه إلى الحدود الدنيا المقبولة قبل إلقاء المياه المعالجة إلى المصادر المائية العامة (بحيرة - نهر) وبشكل عام فإن أحواض الترسيب الأولية تعمل على إزالة الفوسفور الموجود في المياه الملوثة بنسبة تتراوح بين (١٠ - ٣٠) % ولما المعالجة الثانوية فهي تنصف بأنها ذات فعالية منخفضة في إزالة الفوسفور. وهناك العديد من الطرق المستخدمة لإزالة الفوسفور من المياه المعالجة ونذكر منها :

١. الازالة البيولوجية للفوسفور.
٢. الازالة بالترسيب الكيميائي.



شكل ٣-٣ التركيب الكيميائي للصور المختلفة للفوسفات في مياه الصرف

ازالة الفوسفات كيميائيا بالمركبات الكيميائية

إن الفوسفور المتواجد في مياه الصرف على شكل فوسفور عضوي أو على شكل بولي فوسفات يمكن إزالته بإضافة العديد من المواد الكيميائية.

الكيمويات المستخدمة لازالة الفسفور تشمل بعض الاملاح المعدنية والجير ، والاملاح الشائعة هي املاح كلوريد الحديدك والشبة (كبريتات الالومنيوم المائية) وكبريتات الحديدك وكلوريد الحديدوز والذي يكون ناتجا عن عمليات تصنيع الصلب .

هناك أنواع من البوليمرات تستخدم بكفاءة لازالة الفسفور وتستخدم غالبا مع املاح الحديد والشبة .

والجير كمرسب يستخدم بدرجة أقل نتيجة كونه يعمل على زيادة الحمأة الناتجة بالمقارنة بين الاملاح الاخرى ، هذا بالإضافة الى مشاكل التشغيل والصيانة للمعدات التي يسببها استخدام الجير نتيجة نقله وتداوله .

يمكن التحكم في ترسيب الفسفور في مياه الصرف حيث يمكن ترسيبه في أي مرحلة من مراحل المعالجة وفي أكثر من موقع .

والمواقع التي يمكن ان يزال منها الفسفور تقسم الى ثلاث مناطق:

- الترسيب الأولي Pre-precipitation
- الترسيب في المرحلة الثانوية CO-precipitation
- لترسيب في المرحلة الأخيرة Post-precipitation

١- الترسيب الأولي Pre-precipitation

وفيه يتم إضافة الكيماويات لمياه الصرف الخام لترسيب الفسفور في أحواض الترسيب الابتدائي حيث يزال الفسفور مع الحمأة الابتدائية المزالة .

ب- الترسيب في المرحلة الثانوية (الوسطى) CO-precipitation

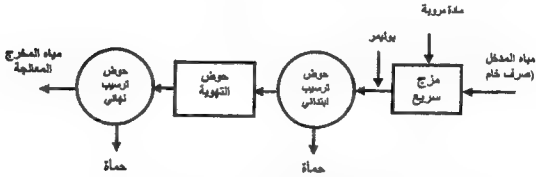
وفيه يتم إضافة الكيماويات للمياه خلال مراحل المعالجة البيولوجية الثانوية لتكوين مواد يمكن ترسيبها (مواد مترسبة) تزال مع الحمأة الثانوية المنصرفة والكيماويات المضافة يمكن ان تضاف:

- الي المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي.
- أو الي السائل المخلوط بأحواض التهوية وذلك في محطات المعالجة بالحمأة المنشطة .
- أو الي المياه الخارجة من المعالجة البيولوجية قبل دخولها الي وحدات الترسيب الثانوي.

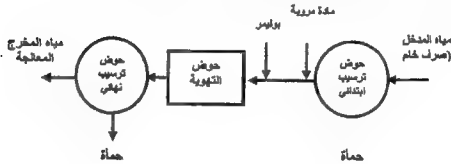
ج- الترسيب في المرحلة الاخيرة (النهائية) Post-precipitation

وفيه يتم إضافة الكيماويات للمياه الناتجة المعالجة الخارجة من وحدات الترسيب الثانوي ، ومن ثم تزال الحمأة المترسبة في أحواض ترسيب خاصة أو من خلال مرشحات أو فلاتر خاصة لمياه المخرج .

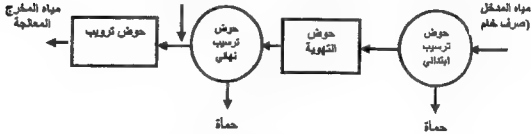
الشكل التالي يمثل مخططا لهذه الأنواع من الترسيب



شكل ٤-٣ مخطط لازالة الفسفور بالترسيب الكيميائي بطريقة الترسيب الاولى



شكل ٥-٣ مخطط لازالة الفسفور بطريقة الترسيب المرحلة الثانية



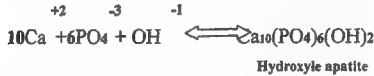
شكل ٦-٣ مخطط لازالة الفسفور بطريقة الترسيب المرحلة النهائية

كيمياء إزالة الفوسفات

الترسيب الكيميائي للفوسفات يتم بإضافة أملاح عناصر عديدة التكافؤ لتكوين رواسب من الفوسفات شحيحة الذوبان في الماء .والاملاح شائعة الاستخدام هي أملاح الكالسيوم والألمونيوم والحديد .

الكالسيوم لترسيب الفوسفات

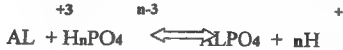
الكالسيوم يضاف عادة في صورة الجير Ca(OH)_2 ، ولابد الأخذ في الاعتبار انه بإضافة الجير سوف يتفاعل مع مركبات القلوية الموجودة في مياه الصرف ليكون رواسب من كربونات الكالسيوم CaCO_3 وعند زيادة الرقم الهيدروجيني الي ابعد من ١٠ فان الجير سوف يتفاعل مع الفوسفات مكونا هيدروكسيل الاباتيت كما توضح المعادلة التالية :



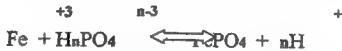
ونتيجة لوجود المركبات المسببة للقلوية في مياه الصرف كالبكربونات فان الجير يتفاعل مع هذه المركبات وبالتالي فان كمية الجير غالبا لن تكون كافية لترسيب كل كمية الفوسفات الموجودة في مياه الصرف وهذا يعتمد علي كمية المواد المسببة للقلوية في الماء. وقد بعض العلماء كمية الجير اللازمة لترسيب الفوسفات ب ١,٥-١,٤ ضعف القلوية الكلية للماء . وبعد عملية ترسيب الفوسفات. نجد ان الرقم الهيدروجيني للماء يرتفع لهذا لابد من ضبط الرقم الهيدروجيني للمياه المعالجة المزال منها الفوسفات قبل صرفها والتخلص منها وعادة يتم ذلك باعادة كربنة الماء بإضافة ثاني اكسيد الكربون .

الامونيوم والحديد لترسيب الفوسفات

يتفاعل الامونيوم مع الفوسفات مكونا راسب من فوسفات الامونيوم كما تبين المعادلة التالية:



يتفاعل الحديد مع الفوسفات مكونا راسب من فوسفات الحديد كما تبين المعادلة التالية:



في حالة الامونيوم والحديد فان واحد مول من الحديد او الامونيوم يرسب واحد مول من الفوسفات كما توضح المعادلات السابقة ، ولكن يجب الاخذ في الاعتبار بعض العوامل المتداخلة المنافسة لهذه التفاعلات مثل الرقم الهيدروجيني والقلوية والعناصر الصغرى ولهذا فان حسابات المعادلات لا تكفي لتحديد كمية الامونيوم أو الحديد المطلوبة لترسيب الفوسفات بالظبط ولكن تجري تجارب معمّلة لتحديد الكمية بالظبط ثم تطبق على المستوي المعالجة الكبير .

مثال لتحديد كمية الامونيوم اللازمة لترسيب الفوسفور

احسب كمية الشبة اللازمة لترسيب الفوسفور من مياه صرف تحتوي علي مجم فوسفور / لتر اذا علمت ان التجارب اوضحت ان ١,٥ مول من الامونيوم مطلوبة لكل مول من الفوسفور. واذا علمت الاتي:

صيغة الشبة الكيميائية $AL_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

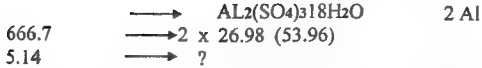
قوة الشبة ٤٨ %

كثافة الشبة السائلة ٨٠ رطل قدم مكعب = ١٠,٧ رطل /جالون

الحل

١- وزن الشبة بالجالون = ١٠٠/٤٨ = ١٠,٧x رطل جالون = ٥,١٤ رطل /جالون

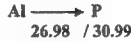
٢- وزن الألمونيوم بالجائون



وزن الألمونيوم الموجود بالشبة بالجائون = $5.14 \times 53.96 / 666.7 = 0.416$ رطل
/جائون

وزن الألمونيوم المطلوب لكل وحدة وزن فوسفور

نظريا ١ مول لكل ١ مول



إذا الألمونيوم المطلوب = $1.0 \times [26.98 / 30.99] = 0.87$ رطل المونيوم / رطل
فوسفور

عمليا ١.٥ مول لكل مول

كمية الشبة المطلوبة = $1.5 \times [0.87] [1 / 0.416] = 3.13$ جالون من محلول الشبة لكل
رطل فوسفور .

٣-٤. العناصر الثقيلة

تتواجد العناصر الثقيلة بكثرة في الطبيعة حيث تنطلق من خلال الدورات
الجيوكيميائية الى البيئة ، وتمثل التركيزات العالية من العناصر الثقيلة في البيئة
المائية خطورة علي الكائنات الحية نظرا لقدرة هذه الكائنات علي تراكم هذه
العناصر داخل اجسادها وتركيزها مما قد يحدث خلا في وظائفها الحيوية بالإضافة
الي انتقال هذه العناصر من خلال السلاسل الغذائية للإنسان مسببة له كثير من
الأضرار الصحية.

والجدول التالي يشمل العناصر الثقيلة ورموزها الكيميائية

جدول ٣-٥ العناصر الثقيلة

العنصر	الرمز	العنصر	الرمز
الكاديوم	Cd	سيلينيوم	Se
الكروم	Cr	الزئبق	Hg
النحاس	Cu	النيكل	Ni
الحديد	Fe	الفضة	Ag
الرصاص	Pb	الزنك	Zn
المنجنيز	Mn	الكوبالت	Co
ذهب	Au	باريوم	Ba

تأتي العناصر الثقيلة لمياه الصرف الصحي عن طريق المصانع خلال صرفها الصناعي وهي تسبب سمية شديدة وتلوثا كبيرا وذلك في حالة إعادة استخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها ، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة قبل إزالتها والتخلص منها تماما.

تصنيف العناصر الثقيلة

تصنف العناصر الثقيلة من حيث طرق الإزالة الكيميائية أو الفيزيائية الي خمسة مجموعات وهي كالآتي :

المجموعة الاولى

وتشمل الفلزات ذات الكلوريدات عديمة الذوبان أو صعبة الذوبان في الماء وذات الكبريتيدات عديمة الذوبان في الأحماض المخففة ، ويمكن بالتالي ترسيبها من محاليلها أما بواسطة حمض الهيدروكلوريك أو بواسطة كبريتيد الهيدروجين ومن أمثلة هذه المجموعة الفضة والرصاص والزئبق .

المجموعة الثانية

وتشمل الفلزات التي تنوب كلوريداتها، لكن كبريتيداتها لا تنوب في الاحماض المخففة ويمكن ترسيب محاليلها بواسطة كبريتيد الهيدروجين ولكنها لا ترسب بحمض وتنقع العناصر التالية ضمن هذه المجموعة الزرنيخ -النحاس -الكاديوم -
القصدير

المجموعة الثالثة

وتشمل الفلزات التي تنوب كبريتيداتها الاحماض المخففة لكنها لا تنوب في الماء ولا في القلويات . كذلك تحتوي على الفلزات التي تتفكك كبريتيداتها بالماء ترسب فلزات هذه المجموعة ترسيبا كاملا بواسطة كبريتيد الهيدروجين من المحاليل القلوية فقط . وتنقع العناصر التالية ضمن هذه المجموعة الالومنيوم - الحديد -
الكروم.

المجموعة الرابعة

وتشمل الفلزات التي تنوب كبريتيداتها في الماء ، ولكن كربوناتها لا تنوب في حال وجود كلوريد الأمونيوم في وسط التفاعل، وترسب فلزات هذه المجموعة بواسطة كربونات الأمونيوم بوجود كلوريد الامونيوم ومن امثلة هذه المجموعة النيكل المنجنيز -الزنك .

المجموعة الخامسة

وهي الفلزات القلوية الترابية ومن بينها الباريوم ، ويمكن ترسيب الباريوم بواسطة الكبريتات مثل كبريتات الصوديوم وبواسطة حمض الكبريتيك كما يمكن استخدام كبريتات الحديد كمادة مخثرة ومرسبة.

تأثير الثقيلة على المعالجة البيولوجية لمياه الصرف

العناصر الثقيلة تعوق عملية استخدام هذه المياه في اغراض الري والزراعة ، وايضا المواد العضوية السامة التي لا تمتزج مع الماء مثل المبيدات ومبيدات

الاعشاب تعوق عملية استخدام هذه المياه في الزراعة نظرا لسميتها الشديدة .
والجدول التالي يبين تركيزات العناصر الثقيلة التي يمكن لنظام المعالجة بطريقة
الحماة المنشطة تحملها واستيعابها داخل المحطة دون ضرر علي كفاءة المعالجة
وايضا التركيزات القصوي التي لا يمكن لنظام المعالجة استيعابها.

جدول ٣-٦

تركيزات العناصر الثقيلة الضارة بالمعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة

العنصر	التركيزات التي يمكن ان تسبب ضررا للحماة المنشطة	
	التركيزات المستمرة التي يمكن تحملها لو وجدت يوميا	التركيزات القصوي التي لا يمكن تحملها علي المدي الطويل والقصير
الكاديوم	١ ملليجرام / لتر	١٠ ملليجرام / لتر
الكروم	٢ ملليجرام / لتر	٢ ملليجرام / لتر
النحاس	١ ملليجرام / لتر	١٠٠ ملليجرام / لتر
الحديد	٣٥ ملليجرام / لتر	١٠٠ ملليجرام / لتر
الرصاص	١ ملليجرام / لتر	_____
المنجنيز	١ ملليجرام / لتر	_____
الزنك	٢٠٠٠٠ ملليجرام / لتر	٠,٥ ملليجرام / لتر
النيكل	١ ملليجرام / لتر	٥ ملليجرام / لتر
الفضة	٠,٠٣ ملليجرام / لتر	٠,٢٥ ملليجرام / لتر
الزنك	١ الي ٥ ملليجرام / لتر	٢٥ ملليجرام / لتر
الكوبالت	أكبر من ١ ملليجرام / لتر	
السيانيد	١ ملليجرام / لتر	١ الي ١٠ ملليجرام / لتر
الزرنخي	٠,٧ ملليجرام / لتر	

تأثير العناصر الثقيلة على عمليات المعالجة البيولوجية بالهضم اللاهوائي

العناصر الغير عضوية وخاصة العناصر الثقيلة لها تأثير مثبط لنشاط ونمو البكتيريا اللاهوائية والتي يقع عليها العبء الاكبر في تكسير وتحلل الملوثات العضوية الموجودة بمياه الصرف او الحمأة المراد مضمها لاهوائيا في احواض التخثير اللاهوائية .

والجدول التالي يشرح ويبين اثر المواد الغير عضوية والتركيز ذو التأثير المثبط المتوسط والتركيزات ذات التأثير المثبط الشديد .

جدول ٣-٧

العنصر	التركيز ذو التأثير المثبط المتوسط مجم /لتر	التركيز ذو التأثير المثبط الشديد مجم /لتر
الصوديوم	٥٥٠٠-٣٥٠٠	٨٠٠٠
البوتاسيوم	٤٥٠٠-٢٥٠٠	١٢٠٠٠
الكالسيوم	٤٥٠٠-٢٥٠٠	٨٠٠٠
الماغنيسيوم	١٥٠٠-١٠٠٠	٣٠٠٠
الامونيا - نتروجين	٣٠٠٠-١٥٠٠	٣٠٠٠
الكبريتيد	٢٠٠	٢٠٠
التحاس	-	٠,٥ في صورة ذائبة الكلبي ٧٠-٥٠
الكروم المعداسي		٣,٠ في صورة ذائبة الكلبي ٢٥٠-٢٥٠
الكروم الثلاثي		٢,٠ في صورة ذائبة الكلبي ٤٢٠-١٨٠
النيكل		٣٠٠ الكلبي
الزنك		١,٠ في صورة ذائبة

المصدر Parkin & Owen 1986

٣-٤-١. إزالة العناصر الثقيلة بالترسيب الكيميائي

نظرا للتأثير الضار للعناصر الثقيلة على الموارد المائية فإن هناك معايير لتركيزها في مياه الصرف الصناعي عند صرفها على المجاري المائية أو في شبكات الصرف الصحي . وقد تتطلب الحاجة إزالة العناصر الثقيلة من مياه الصرف الصحي المعالجة وذلك عند استخدام هذه المياه في أغراض الري والزراعة .

وهناك عدة طرق لإزالة العناصر الثقيلة من المياه من أشهرها عمليات الترسيب الكيميائي ، فالترسيب العادي يسهم فقط في التخلص من ٣٠ إلى ٤٠ % من العناصر الثقيلة في مياه الصرف ، بينما الترسيب بالكيمائيات مثل الجير مثلا يسهم في التخلص من حوالي ٨٠ % منها . وهذا يتضح من الجدول التالي :-

جدول ٣-٨

الترسيب الكيميائي لبعض العناصر الثقيلة

العنصر	تركيزه في مياه الصرف	نسبة الإزالة بالترسيب العادي %	نسبة الإزالة بالترسيب الكيميائي (باستخدام الجير) %
الحديد	٦,٣	٤٨	٨٠
النحاس	٠,٦	٢٨	٦٠
الكروم	٠,٣٤	٤٠	٥٨
الرصاص	٠,١٢	٣٣	٥٥
الزئبق	٠,٠٢٨	١٥	٥٠
النيكل	٠,٠٨	١٥	١٥
الزنك	٠,٧	٣٨	٧٠

ترسيب العناصر الثقيلة بالقلويات

ويعد الترسيب باستخدام القلويات من أشهر وأهم الطرق التي تستعمل لترسيب العناصر الثقيلة وأهم القلويات المستخدمة هي الهيدروكسيدات مثل هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم .

حيث يعتمد ترسيب العنصر على قيمة الرقم الهيدروجيني الموجودة وبالتالي فإن وجود المادة القلوية توفر الظروف المناسبة لترسيب العناصر الثقيلة على هيئة هيدروكسيدات العنصر الثقيل ، وطريقة الترسيب بالقلويات يمكن أن تخفض من تركيز العناصر الثقيلة في الماء ليصل إلى ٢ ملليجرام لكل لتر أو أقل . فعادة المعادن الثقيلة تتأوب في الأحماض المعدنية كحمض الهيدروكلوريك وتترسب في وجود القلويات ومن ثم فإن ارتفاع الرقم الهيدروجيني بفعل إضافة القلويات يعمل على ترسيب العناصر الثقيلة كهيدروكسيدات ، ولكل عنصر من العناصر الثقيلة مجال معين من الرقم الهيدروجيني يترسب خلاله على صورة هيدروكسيد.

والمعادلة الآتية تبين ترسيب المعادن كهيدروكسيد



والصورة التالية توضح تكون هيدروكسيد المعدن بإضافة القلوي حيث يتضح فيها اتحاد العنصر مع القلوي مكونا الهيدروكسيد الذي يترسب مكوناً رواسب من اتحادات العنصر والهيدروكسيد وتخرج المياه نقية بدون العنصر المراد إزالته.

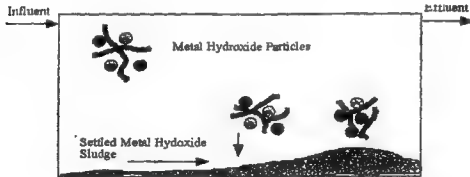


Figure 10 - A Sedimentation Basin with Metal Hydroxide Sludge Formation.
Optimized sedimentation basins have minimal baffling. As a result, there is no turbulence as the water flows through the unit.

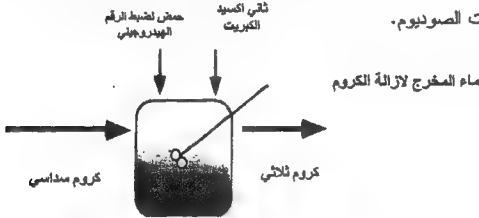
شكل ٣-٧ ترسيب العناصر الثقيلة

مثال لترسيب العناصر الثقيلة بالعمليات الكيميائية

١- إختزال الكروم السداسي

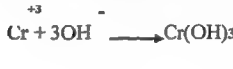
لكي يتم ترسيب الكروم بالهيدروكسيد لابد من إختزال الكروم السداسي التكافؤ الي الكروم ثلاثي التكافؤ لان الكروم السداسي لا يرسب كهيدروكسيد مع اضافة القلوي . ولهذا يمكن تحويل الكروم السداسي الي كروم ثلاثي بالاختزال الكيميائي .

أ- يتم إختزال الكروم اولا بتخفيض الرقم الهيدروجيني بواسطة حمض الكبريتيك الي رقم ٢ ثم إختزال الكروم السداسي الي ثلاثي باستخدام ثاني اكسيد الكبريت أو كبريتات الصوديوم.



شكل ٣-٨ مخطط لاختزال الكروم السداسي الي ثلاثي

ب- بعد ذلك يرسب الكروم كهيدروكسيد كما تبين المعادلة التالية.

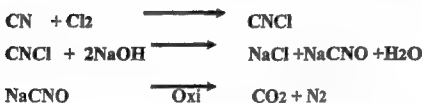


٢- التخلص من السيانيد

يعتبر إزالة السيانيد من الامور الهامة وذلك لان السيانيد مادة سامة كما انها تكون مركبات معقدة مترابطة مع المعادن بما لا يمكن من ترسيب هذه المعادن

كهيدروكسيدات . ولكن عن كسر الروابط بين السيانيد والعنصر يمكن تحرير
العنصر وترسيبه كهيدروكسيد.

ويستخدم غاز الكلور (عملية الكلورة) في تدمير السيانيد حيث تحقق هذه الطريقة
ازالة للسيانيد تصل الي ٩٠% ، ويتم ذلك بتفاعل الكلور مع السيانيد مكون مركب
من الكلوروالسيانيد الذي يكون السيانيت NaCNO في وجود هيدروكسيد
الصوديوم ثم يؤكسد السيانيت مكون ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين
وينتضخ ذلك من المعادلات الآتية :-

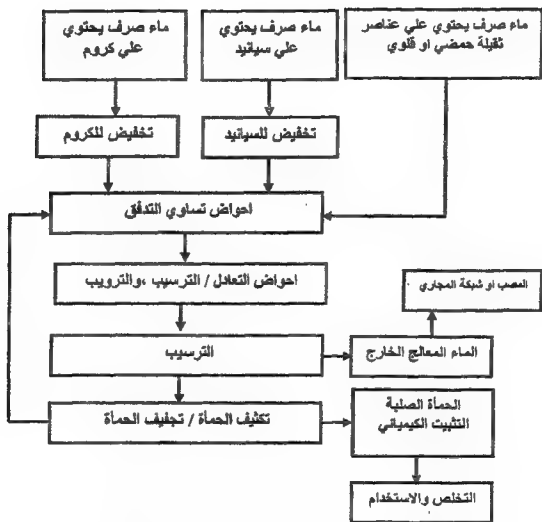


والشكل التالي يبين مخطط لازالة السيانيد بالكلورة



شكل ٩-٣ مخطط لازالة السيانيد بالكلورة

ويمكن ازالة الكروم والميانيد من مياه صرف تحوي علي كليهما من خلال
مشروع معالجة واحد لتخفيض التكاليف ، حيث يمكن الاستفادة من احواض
التساوي والتعادل والترسيب وتكثيف الحمأة وهذا ينتضخ من خلال المخطط التالي
لمشروع معالجة لازالة السيانيد والكروم.



شكل ٣-١٠ مخطط لمشروع معالجة لازالة السيانيد والكروم

مثال ١:- عن كيفية حساب ازالة السيانيد من مياه الصرف
في مشروع لازالة السيانيد من مياه الصرف باستخدام الكلورة القلوية ، فيحتوي
خزان الصرف علي ١٢٠٠٠ جالون بتركيز سيانيد قدره ١٥ مجم /لتر .
وتجارب المعمل اثبتت ان كل ٧ ارطال من الصودا و ٨ ارطال من الكلورين
مطلوبة لاكمدة ١ رطل من السيانيد لغاز النتروجين.

المطلوب :

- (١) معرفة كم من الارطال من الكلورين نلزم لأكسدة كل كمية السيانيد
(٢) كم من الزمن يتطلب لضخ الصودا اذا علمت ان مضخة الصودا تضخ
١٢٠ جالون في اليوم من ١٠% تركيز.
(٣) كم من الزمن يتطلب لتشغيل جهاز الكلورة لضخ ١٢ % من مادة
الهيبيكلوريت علما بان جهاز الكلورة يضخ ٢٥٠ جالون في اليوم .
الحل :

حجم السيانيد = ١٢٠٠٠ جالون

تركيز السيانيد = ١٥ مجم / لتر

جرعة الكلور = ٨ رطل كلور / رطل سيانيد

جرعة الصودا = ٧ رطل صودا / رطل سيانيد

تركيز الهيبيكلوريت = ١٢ % كلورين

طاقة الكلورة = ٢٥٠ جالون / يوم

تركيز الصودا = ١٠%

طاقة ضخ الصودا = ١٢٠ جالون في اليوم

حجم السيانيد بالجالون × تركيز السيانيد مجم / لتر × ٨,٣٤ رطل / جالون

كمية السيانيد بالرطل =

١٠٠٠٠٠٠ / مول

= ١٢٠٠٠ × ١٥ × ٨,٣٤ / ١٠٠٠٠٠٠ = ١,٥٠ رطل سيانيد

كمية الكلورين المطلوبة = كمية السيانيد بالرطل × جرعة الكلور رطل / رطل =

١,٥٠ × ٨ = ١٢ رطل كلور

كمية الصودا المطلوبة = كمية السيانيد بالرطل × جرعة الصودا رطل / رطل =

١,٥٠ × ٧ = ١٠,٥٠ رطل صودا .

الكلور المطلوب رطل $\times 100\% \times 24$ ساعة يوم

= زمن تشغيل جهاز الكلورة

طاقة الكلورة $\times 8,34 \times$ تركيز الهيبوكلوريت

$$= 12 \times 100 \times 24 / 24 \times 100 \times 12 = 1,15 \text{ ساعة}$$

الصودا المطلوبة رطل $\times 100\% \times 24$ ساعة يوم

= زمن تشغيل ضخ الصودا

طاقة ضخ الصودا $\times 8,34 \times$ تركيز الصودا

$$= 10 \times 8,34 \times 12 / 24 \times 100 \times 10,50 = 2,52 \text{ ساعة}$$

مثال ٢

في مشروع طلاء كهربي تتم إزالة النحاس من مياه الصرف عن طريق الترسيب بمادة هيدروكسيد الصوديوم ، وطبقا للنتائج العملية فان كل ١٠ مليلتر من ٤ % من هيدروكسيد الصوديوم سوف ترفع قيمة الاس الهيدروجيني الي ١٢ لكمية لتر من مياه الصرف وترسب النحاس ، احسب كم جالون من ٤ % NaOH تلزم لمعالجة ٤٠٠ جالون من مياه الصرف .

الحل :

١٠ مل / لتر من مياه الصرف

كمية مياه الصرف ٤٠٠ جالون

كمية NaOH بالجالون = كمية المياه \times مل من الصودا / ١٠٠٠ مل \times لتر من

المياه

$$= 1 \times 1000 / 10 \times 400 = 4 \text{ جالون من } 4\% \text{ NaOH}$$

٣-٤. التعادل Neutralization

الغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة سواء كانت حمضية أو قاعدية - بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها حيث تتطلب معظم التشريعات والقوانين البيئية أن يتراوح الأس الهيدروجيني بين ٦- ٩ قبل الصرف النهائي. وضبط الأس الهيدروجيني من المراحل الهامة في معالجة الصرف الصناعى حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية، فذلك الموائل الزائدة تؤثر بالضرر الشديد على خطوط ومواسير الصرف وكذلك على كافة العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة مياه الصرف .

وبالنسبة للصرف الصحي فيحتاج الى عمليات تعادل اذا كانت هناك مخلفات صناعية سائلة تصرف على شبكة الصرف الصحي مما يستلزم معادلتها قبل دخولها وحدات معالجة مياه الصرف الصحي وخاصة عندما توجد وحدات للمعالجة البيولوجية. وقد تكون كمية الصرف الصناعي المنصرف الى شبكة المجاري قليلة فتتعادل تلقائيا مع مياه شبكة الصرف الصحي بالتخفيف.

وبالنسبة للصرف الذي يتم معالجته بيولوجيا فإنه يجب أن يبقى مستوى الأس الهيدروجيني ما بين ٦,٥ و ٩ لضمان البيئة المناسبة لتكاثر الكائنات الدقيقة. وتؤثر العمليات البيولوجية الهوائية على الأس الهيدروجيني بسبب تكون غاز ثاني أكسيد الكربون. وتمثل الأحماض المستفدة وخاصة حمض الكبريتيك، الجزء الأكبر من مياه الصرف الذي يحتاج إلى معادلة.

وعملية التعادل الناجحة تتطلب اجراء بعض الاختبارات اللازمة لنجاح عملية تصميم احواض التعادل وعملية اضافة الكيماويات وتساعد الاختبارات الدقيقة على الاقلال من كميات الكيماويات المستخدمة في التعادل وتحقيق الكفاءة الاقتصادية للتكاليف الراسمالية وتكاليف التشغيل . وهذه الاختبارات تشمل العناصر الاتية :

- تحليل مياه الصرف (الرقم الهيدروجيني - القلوية الكلية)
- معدل التدفق لمياه الصرف
- كيماويات التعادل وتفاعلاتها .
- تحليل التكلفة لكيماويات التعادل .
- اختبار طريقة التعادل علي المستوى المعمل.
- نظام التحكم في طريقة التعادل (طريقة اضافة الكيماويات والمزج - الية- يدوية الخ ..)

المواد المستخدمة فى المعادلة

يعتبر التعادل من أقدم الطرق الكيميائية وأكثرها استعمالا في معالجة مياه الصرف الحمضية و القلوية لتثبيت الأس الأيدروجيني ما بين ٦ و ٩ كما تتطلب معظم التثريعات البيئية، حيث أن الكثير من مياه الصرف الكيميائية تتعدى هذه الحدود وتتميز بالتذبذب الشديد مع الوقت.

وتستخدم فى عمليات المعادلة العديد من المواد الكيميائية التى تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف. ويعتبر الجير من أكثر المواد المستخدمة فى التعادل وذلك لسعره المنخفض، ولكنه كثيرا ما يكون الجير الصلب بطيئا في التفاعل فيكون رواسب غير قابلة للذوبان مثل كبريتات الكالسيوم. اما بالنسبة لكاربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا فهذه المواد مع أنها أعلى تكلفة ولكنها تتفاعل سريعا مع الأحماض مقارنة بالجير وهي أيضا شديدة الذوبان فى الماء لذلك فإن عملية التداول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بال معدل التسي تعمل أوتوماتيكيا.

وتتم معادلة مياه الصرف القلوية باستخدام حمض الكبريتيك أو الأحماض المتخلفة من عمليات أخرى. ويمكن أيضا الاستفادة من الغازات المتسربة مثل ثاني أكسيد الكربون حيث أنه يكون حمض الكربونيك عند امتزاجه بالماء.

وفي أغلب الأحيان، يتم معادلة مياه الصرف الحمضية باستخدام مجاري مياه الصرف القلوية أو الجير أو الدولومايت أو الأمونيا أو الصودا الكاوية أو كربونات الصوديوم.

وتحتاج مياه الصرف ذات القلوية المرتفعة إلى المعالجة باستخدام مجاري مياه الصرف الحمضية أو حمض الكبريتيك أو حمض الهيدروكلوريك أو الغازات المتسربة المحتوية على ثاني أكسيد الكربون. وعادة ما تتم عملية المعادلة على مرحلتين، فيتم أولاً التعادل باستخدام خطوط مختلفة لمياه الصرف أو المواد الكيميائية قليلة التكلفة، ثم يتم التعادل النهائي غالباً باستخدام أجهزة تحكم والصودا الكاوية أو حمض الكبريتيك.

التعادل البيولوجي لمياه للصرف الصناعي القلوية

في تطبيق هام في الهند جري عمل عملية تعادل لمياه الصرف الصناعي القلوية الناتجة من أحد مصانع النسيج باستخدام سلالات معينة من البكتريا تم عزلها من البيئة الهندية . وهذه البكتريا المعزولة قادرة علي تخفيض الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف حيث استطاعت ان تخفض الرقم الهيدروجيني من ١٢ الي ٧ خلال ساعتين فقط . وعمليات التعادل باستخدام التقنيات البيولوجية ذو كفاءة وفعالية عالية بالمقارنة بطرق التعادل التقليدية كما يتميز بالنواحي الاقتصادية الجيدة من حيث انخفاض التكلفة بالمقارنة بالطرق التقليدية الكيميائية بالإضافة الي مأمونية استخدام التقنيات البيولوجية وعدم تولد مواد كيميائية سامة لهذه العمليات .

<http://www.freepatentsonline.com/>

٣-٥. الأمتزاز بالكربون المنشط Adsorption by Activated Carbon

الأمتزاز هو عملية تجميع المواد الذائبة في محلول على سطح مناسب . وتعالج مياه الصرف عادة بالكربون المنشط بعد المعالجة البيولوجية العادية بهدف إزالة قسم من المادة العضوية الذائبة المتبقية أو الجسيمات.

وعادة يتم اللجوء لاستعمال الامتزاز بالكربون المنشط من اجل إزالة المواد العضوية التي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية، وتشمل المركبات المطلوب إزالتها هي المركبات العضوية السامة والملوثات المقاومة للمعالجة البيولوجية.

وفي بعض الأحيان تستخدم هذه الطريقة لاسترجاع بعض الملوثات القيمة والتي تتواجد في الصرف العضوي.

كما تستخدم أعمدة الكربون في إزالة المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) من مياه الصرف حيث أن هذه المركبات يمكن امتصاصها بسهولة على سطح الكربون. وكما قلنا يستخدم الكربون المنشط لإزالة بعض المواد العضوية وغير العضوية من المياه الملوثة بجذب هذه المواد على سطح الكربون ويؤثر في هذه العملية :-

(١) خواص وطبيعة المواد المراد للتخلص منها وتركيزها في المياه .

(٢) خواص ونوع الكربون المنشط.

(٣) خواص المياه.

(٤) طريقة إنشاء وتجهيز المرشح الكربوني.

ويمكن ترتيب المركبات من حيث قابليتها للامتزاز بواسطة الكربون كالآتي:

□ الأحماض العضوية

□ الألبينيد

□ الإسترات

□ الكينونات

□ الكحوليات

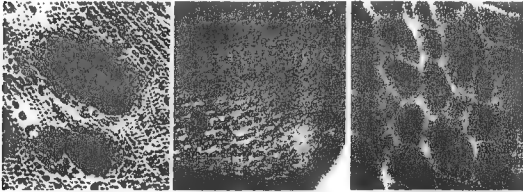
□ الجليكول.

والجدول التالي يبين كفاءة الكربون المنشط في إزالة بعض المواد العضوية من مياه الصرف .

جدول ٣-٩

كفاءة الكربون المنشط

نسبة الإزالة %	النسبة في مياه الصرف مجم / لتر		الملوثات
	بعد المعالجة	قبل المعالجة	
٩٧,٣	٥٦٠	٢٠٤٥٠	رابع كلوريد الكربون
٩٩,٨	٠,٢	١٠٤	هكسا كلوروايثان
٩٩,٤	أقل من ٣	٥٢٩	نفتالين
٨٣	أقل من ٣	١٨	٢، كلورونفتالين
٩٨,١	٢٧	١٤٣٠	كلوروفورم
٩٩,٩	٣	٢٣٦٠	تولوين
٩٩,٩٥	٠,١	٢١٧	نلوردان
٩٨	٠,٨	٤٠	مركبات الهيبناكلور



صور توضح المسام الموجودة علي سطح الكربون المنشط والتي يحدث عليها الامتزاز

ويُصنع الكربون المنشط بتسخين الفحم إلى حرارة عالية ومن ثمّ تنشيطه عبر تعريضه لغاز مؤكسد. ويؤدّي الغاز إلى إنتاج مسام في الفحم بحيث يزيد من مساحة السطوح الداخلية.

الكربون المنشط المستخدم في معالجة مياه الصرف يتم الحصول عليه من مصادر مختلفة فقد يتم تصنيعه من الخشب أو الليجنين أو فحم الببتومين ، والكربون المنشط المنتج من فحم الببتومين له كثافة أعلى من الانواع الاخرى .
والكربون المنشط من مختلف المصادر يعتبر عامل امتزاز مؤثر فمسامية هذا الكربون من ٦٠-٧٠% والمساحة السطحية لوحدة الوزن ٤٠٠-٩٠٠ متر مربع / جرام . وتتوقف خاصية الامتزاز للكربون المنشط الي حد كبير علي المكونات وحجم الفراغات وتوزيع المسام.
ويقاس نشاط الكربون المنشط بكمية المادة التي تمتز لوحدة الكتلة الكربونية (جرام / كيلوجرام) .

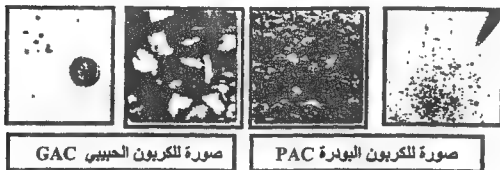
والجدول التالي يبين المساحة السطحية لانواع مختلفة من الكربون المنشط.

جدول ٣-١٠

مصدر الكربون	المساحة السطحية متر مربع / جرام
فحم الببتومين	١٢٠٠-١٤٠٠
فحم الببتومين	٨٠٠-١٠٠٠
فحم جوز الهند	١١٠٠-١١٥٠
فحم من مخلفات الورق	٥٥٠-٦٥٠
فحم من مخلفات الورق	١٠٥٠-١١٠٠
فحم الخشب	٧٠٠-١٤٠٠
المصدر 2- Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies N&P Limited 2002..Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D	

والكربون المنشط نوعان هما الكربون المنشط الحبيبي (ذو الحبيبات)
Granular Activated Carbon والكربون المنشط البودرة
Powdered Activated Carbon (المسحوق)

ويختلف النوعان عن بعضهما من حيث حجم الدقائق الكربونية وقدرة وسعة الأمتزاز ، فالكربون المنشط البودرة Powdered Activated Carbon نقائقه الكربونية لها قطر اقل من ٢٠٠ Mesh ، بينما الكربون الحبيبي تبلغ دقائقة قطر اكبر من ٠,١ مليمتر mm.



ونقوم بعض الشركات التي تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم في مصانعها وهي عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة، ويمكن التخلص من الكربون المستعمل ولكن بطريقة سليمة حيث أنه يصنف كمخلف خطر مما يرفع من تكلفة التخلص.

وتتم عملية تنشيط الكربون بتمرير تيار من البخار خلاله أو عن طريق تسخينه في أفران، وينتج عن كلتا الحالتين تيار من المركبات العضوية المتطايرة وبالتالي يجب التخلص منها بطريقة صحيحة. وفي الغالب يتم تكثيف البخار وإما حرقه في أفران أو إرساله إلى مدفن المخلفات الخطرة.

ويمكن تنشيط الكربون النشط باستخدام البخار، أو التسخين، أو الغسيل بمذيب أو حمض أو صودا، أو باستخدام منشط مؤكسد رطب.

وللمعالجة مياه الصرف باستخدام مسحوق الكربون المنشط، يضاف المسحوق مباشرة إلى المياه في خزان التلامس لبعض الوقت، حيث يترسب المسحوق في القاع ويُزال . ويمكن إزالة مسحوق الكربون بسهولة أكبر بالترشيح عبر وسائط خَبِيبية .

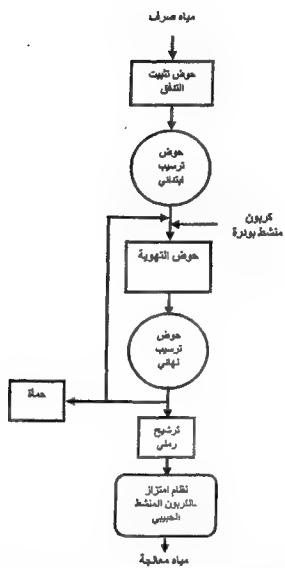
وفي نظم أخرى للمعالجة قد يضاف الكربون المنشط المسحوق (البودرة) في نظم المعالجة بالحماة المنشطة بجرعة ١٠ - ٥٠ جرام لكل متر مكعب وهذا يحقق هدفين:

- الأول تقليل كمية الملوثات العضوية الغير قابلة للتحلل بيولوجيا بالإضافة الي امتزاز العناصر التي تكون ذات سمية للكائنات الدقيقة الحية .

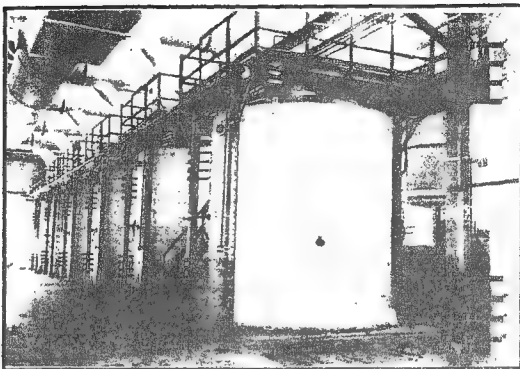
- الثاني اختزال كميات الحماة المنتجة وتحسين عملية الترسيب التالية في أحواض الترسيب النهائي.

من الجدير بالذكر ان استخدام الكربون المنشط في محطات الصرف الكبيرة الحجم ليس عمليا إذ أن كفاءة المعالجة المحققة باستخدام الكربون المنشط لا تعادل التكاليف المرتفعة نتيجة استخدامه .

والشكل التالي مخطط ل احد مشاريع معالجة مياه الصرف يستخدم فيها الامتزاز بالكربون المنشط.



شكل ١١-٣ مخطط لآحد مشاريع معالجة مياه الصرف يستخدم فيها الامتزاز بالكربون



صورة لأبراج الكربون المنشط للتحكم في الروائح لمشروع صرف

استعمال الكربون المنشط للمساعدة في تخمير الحمأة

نظرا لخاصية الكربون المنشط الامتزازية الجيدة فإنه في بعض الحالات يضاف الي الحمأة أثناء عملية التخمير اللاهوائي للحمأة داخل الهاضمات اللاهوائية. ويستعمل الكربون المنشط في أحواض التخمير للأسباب الآتية :-

- أ- منع الفوران داخل حوض التخمير.
- ب- زيادة كمية الميثان المنتجة أثناء عملية التخمير.
- ت- منع وامتصاص الروائح الكريهة في الحمأة أثناء التخمير.
- ث- زيادة سرعة تجفيف الحمأة.

عملية اعادة تنشيط الكربون Carbon Reactivation

يكون العامل الاقتصادي هو المؤثر في اختيار طريقة تنشيط الكربون واتباع احدي البديلين الاتيين :-

أ- تنشيط الكربون بعد استعماله لفترة محددة.

ب- استخدام كربون منشط جديد.

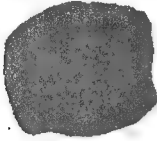
فالاقل تكلفة يتم اختياره وتستخدم في عملية تنشيط الكربون الطرق الآتية :-

١. استخدام مواد حامضية أو قلوية أو مذيئة للشوائب التي تم حجزها علي الكربون ، وفي هذه الطريقة يمرر المحلول أو المذيب المستخدم علي طبقة أو خلال الكربون المنشط في عكس اتجاه المياه أثناء التشغيل العادي . وبعد انتهاء عملية التنشيط يتم تصريف ما بقي من محلول من طبقة الكربون ويتم تنظيف الكربون بالمياه ويعاد استعماله .

٢. استخدام مادة مؤكسدة رطبة لتنشيط الكربون.

٣. التنشيط الحراري بالبخار أو التسخين.

والشكل التالي يبين الفرق بين الكربون قبل تنشيطه والكربون بعد عملية التنشيط اذ يتميز الكربون المنشط بانه يمكن ان يتم الامتزاج علي سطحه لوجود مسام نشطة علي سطحه تكونت بفعل عملية التنشيط ، بينما يخلو الكربون الخام من هذه المسام النشطة .



كربون خام غير منشط



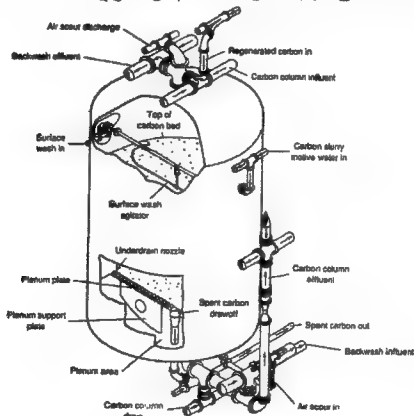
كربون بعد عملية التنشيط (منشط)

ويتم التنشيط الحراري علي ثلاث مراحل :-

أ- التجفيف عند درجة حرارة حوالي من ١٠٠ الي ١٢٠ مئوية وتستمر هذه العملية من ١٥ الي ٢٠ دقيقة لتتمام تجفيف الكربون مما تبقي فيه من مياه .

ب- تعريض المواد والمركبات العضوية المحجوزة بالكربون السي الأنحلال الحراري عند درجة حرارة ٨٠٠ مئوية وتستغرق هذه العملية ١٠ دقائق ، يتم خلالها تحلل المواد المحجوزة حراريا وتطاير الجزء العضوي منها.

ج- تنشيط الكربون عند درجة حرارة أعلى من ٨٠٠ مئوية وتستغرق هذه العملية ١٠ دقائق ، يتم خلالها أكسدة المواد المتبقية من المرحلة السابقة ويصبح الكربون منشطا في النهاية جاهزا للاستخدام مرة أخرى .



شكل ٣-٢ نموذج لمفاعل الكربون المنشط الخبيبي

ومن المهم ذكر أنه هناك حوالي ٥ الى ١٠% من الكربون يتلف ويدمر خلال عملية التنشيط بالطريقة الحرارية ويجب تعويضها بكربون منشط جديد خام ، وايضا قدرة أمتزاز الكربون المعاد تنشيطه اقل من قدرة الامتزاز

للكربون المنشط الجديد الخام.

- في حالة وجود عناصر ثقيلة في مياه الصرف وتم امتزاجها على الكربون المنشط يكون من الضروري بعد التنشيط غسل حبيبات الكربون بحامض وذلك لازالة المعادن المتبقية والمكونات المعدنية من سطح حبيبات الكربون وبالتالي زيادة نشاط الامتزاز لحبيبات الكربون بالنسبة للمركبات العضوية .

٣-٦. التطهير Disinfection

التطهير هو التدمير والقفل النوعي المنتخب للكائنات المسببة للأمراض ، مما يعني ليس كل الكائنات الحية تموت وتدمر خلال هذه العملية ، بينما يعرف التعقيم بأنه قتل وتدمير لكل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة الممرضة وغير الممرضة . لا تسمح عملية ترويب المواد العالقة مع عمليات الترسيب والترشيح اللاحقة، وكذلك عملية الكلورة المسبقة للمياه بالحصول على إزالة كاملة للبكتيريا الضارة، حيث تحافظ حتى ١٠% من البكتيريا والفيروسات على حياتها بعد العمليات السابقة. وكذلك لا تسمح عمليات المعالجة المختلفة لمياه الصرف الصحي بالقضاء نهائياً على الأحياء الممرضة في هذه المياه. لذلك تعتبر عملية التطهير هي العملية النهائية اللازمة لتحضير مياه الشرب وكذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها إلى المجتمعات المائية الطبيعية أو استخدامها للأغراض المختلفة.

في مجال معالجة المياه والمخلفات السائلة فهناك ثلاث مجموعات رئيسية مسببة للمرض مصدرها داخل الحيوان والانسان (Human enteric Organisms) وهي البكتيريا والفيروسات والطفيليات الاميبية والمواد المستخدمة في التطهير وهي ما تعرف بالمطهرات لابد ان تكون - امنة في النقل والتداول والتطبيق - وتركيزها في المياه المعالجة يمكن قياسه وتقديره والا تكون هي مصدرا لتلوث البيئة .

ولمعرفة أهمية التطهير لابد من معرفة أهم الكائنات الدقيقة الممرضة التي تتواجد في مياه الصرف المعالجة والأمراض التي تسببها للإنسان والحيوان.

خصائص المواد المستخدمة في التطهير

لكي تتم عملية التطهير بنجاح لابد أن تتوفر في المواد المطهرة خصائص معينة وأهم الخصائص المطلوب توافرها الآتية :

١. السمية للكائنات الدقيقة الممرضة فلا بد أن يكون شديد السمية عند التركيزات الضعيفة ، بحيث أن كميات أو تركيزات قليلة من المادة المطهرة تكفي للقضاء على الكائنات الدقيقة الممرضة الموجودة في المكان المراد تطهيره .

٢. الذوبانية لابد أن يذوب في المياه أو في أنسجة خلايا الكائنات الممرضة.

٣. الثبات فقدان قدرته على الإبادة مع الوقت قليل ، أي تستمر قدرته التطهيرية مدة مناسبة تكفي للقضاء على الممرضات المطلوب التخلص منها .

٤. غير سام للكائنات العليا لابد أن يكون ساما للكائنات الدقيقة وغير سام للكائنات العليا فمثلا عند تطهير ماء الشرب لابد أن تكون مادة التطهير غير سامة للإنسان الذي سوف يشرب ذلك الماء .

٥. التجانس إذا كانت المادة المطهرة سوف تستخدم في صورة سائلة فلا بد أن يكون المحلول المطهر متجانسا.

٦. التفاعل مع المواد الجانبية لابد أن لا يمتص من المواد العضوية دون الخلايا البكتيرية أو الفيروسية .

٧. السمية عند درجة الحرارة المطلوبة لابد أن يكون فعالا عند درجة حرارة المناسبة

٨. ٨- القدرة على الاختراق له القدرة على اختراق سطح المياه وله القدرة على الوصول بسهولة للهدف المراد تطهيره.

٩. غير عدواني أو اكل اذ لابد ان تكون مادة التطهير غير عدوانية أو اكلية لا تسبب تاكل للمعادن أو تزيل اللون الاتسجة حتي لا تؤدي لتلف بعض المواد أثناء عملية التطهير .

١٠. القدرة علي ازالة الروائح الكريهة له القدرة علي ازالة الروائح عندما يبدأ في التطهير.

١١. أمكانية وسهولة وجوده اذ لابد ان يكون موجودا ومتاحا بسعر معقول ومتوفر بالاسواق .

والجدول التالي يبين الخصائص العامة لعدد من المطهرات مع مقارنة بينها .

جدول ٣-١١

يبين المقارنة بين خواص أكثر المطهرات شيوعا في الاستخدام

الخواص العامة للمطهرات	الخواص المطلوبة / درجة الاستجابة	الكلور	هيبوكلوريت الصوديوم	هيبوكلوريت الكالسيوم	ثاني أكسيد الكلور	الاولون	الاشعة فوق البنفسجية
السمية لكائنات الحقيقة Toxicity to Microorganisms	لا بد ان يكون شديد السمية عند التركيزات الضعيفة	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية
الذوبانية Solubility	لا بد ان يذوب في المياه او في التسعة الخلايا	قليل الذوبانية	يذوب جيدا	يذوب جيدا	يذوب جيدا	يذوب جيدا	-
الثبات Stability	فقدان قدرته على الابداء مع الوقت قليل	ثابت	غير ثابت قليلا	ثابت نسبيا	غير ثابت ويوجب انتاجه وتحضيره وقت الحاجة	ثابت ويوجب انتاجه وقت الحاجة	يجب توليد الاشعة عند الاستخدام

غير سام للكائنات العليا Non toxic to higher forms of life	لا بد ان يكون ماما للكائنات الدقيقة وغير سام للكائنات العليا	ضار وسام للكائنات العليا	سام و ضار	سام و ضار	سام و ضار	سام و ضار
التجانس Homogeneity	المحلول لا بد ان يكون متجانسا ومتناسكا	متجانس	متجانس	متجانس	متجانس	-
التفاعل مع المواد الغريبة Interaction with extraneous material	لا بد ان لا يمتص من المواد العضوية دون الخلايا البكتيرية	يؤكسد المواد العضوية	يؤكسد المواد العضوية	يتفاعل قليلا مع المواد العضوية	يتفاعل قليلا مع المواد العضوية	يتفاعل قليلا مع المواد العضوية
السمية عند درجة الحرارة المطلوبة Toxicity at ambient temperature	لا بد ان يكون فعالا عند درجة احرارة المناسبة	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا
القدرة على الاختراق Penetration	له القدرة على اختراق سطح المياه	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية
Noncorrosive and nonstaining	لا يسبب تاكل للمعادن او يزيل اللون الانسجة والملابس	نشط جدا (اقل)	نشط جدا (اقل)	نشط	نشط	-

لا يزال اطلاقاً	عالي القدرة	عالي القدرة	متوسط القدرة	متوسط القدرة	عالي القدرة	له القدرة علي إزالة الروائح عندما يبدأ في التطهير	Deodorizing ability القدرة علي إزالة الروائح الكريهة
متوسط الي عالي التكلفة	متوسط الي عالي التكلفة	متوسط الي قليل التكلفة	متوسط الي قليل التكلفة	متوسط الي قليل التكلفة	قليل التكلفة	لا بد ان يكون موجوداً ومتاحاً بمسر مناسب وبكمية وفيرة	إمكانية ومهولة وجوده Availability

وسائل وطرق التطهير

ويجري التطهير عادة باستخدام إحدى الطرق التالية :

* العوامل الفيزيائية ومنها الحرارة والضوء.

* العوامل الميكانيكية ومنها التصفية والترسيب والترشيح وغيرها؛ والإشعاع باستخدام أشعة جاما.

* العوامل الكيميائية ومنها الكلور ومركباته والبروم واليود والأوزون والفينول والمركبات الفينولية والكحول والمعادن الثقيلة والأصباغ والصابون والمنظفات الاصطناعية وغيرها. أما المواد الأكثر استعمالاً فهي الكلور والمواد الكيميائية المؤكسدة.

وتعمل المطهرات بوحدة أو أكثر من الآليات التالية :

- إتلاف جدر الخلايا للكائنات الممرضة.
- أو تغيير نفاذية الخلايا.
- أو تغيير الطبيعة الغروانية للسيتوبلازم.

• أو منع نشاط الأنزيمات .

وعند استخدام المطهرات، ينبغي النظر في العوامل التالية :

- وقت التماس بين المطهر والمادة أو الوسط المراد تطهيره.
- تركيز ونوع العامل الكيميائي المطهر والمقصود به الجرعة الفعالة للتطهير
- وكيفية قيام العامل المطهر بالتطهير .
- قوة ونوع العامل الفيزيائي مثل شدة الاشعاع .
- الحرارة وتأثيرها علي نشاط وفعالية المادة المطهرة .
- عدد وعمر الكائنات الدقيقة الممرضة .
- طبيعة المياه المراد تطهيرها من حيث العكارة والمواد العالقة ودرجة تلوثها

٣-٧. التطهير بالكlor (الكlor) Chlorination

يعد التطهير بالكlor لمياه الشرب ومياه الصرف الصحي والصرف الصناعي من الطرق الشائعة للتطهير ، والكlor مطهرا جيدا لمخلفات المصانع السائلة مثل مصانع المواد الغذائية والدوائية ومخلفات المداين وصناعة الجلود اذا تحتوي هذه المخلفات علي كثير من الملوثات العضوية وكثير من الكائنات الممرضة لذا يجب تطهير المياه المعالجة من تلك المصانع قبل صرفها علي المسطحات المائية أو قبل التخلص منها عامة .

الخواص العامة للكlor

الكlor في حالته الغازية لونه اخضر مصفر ، ووزنه ٧,٥ كره وزن الهواء ، ويعبأ في اسطوانات كبيرة للأغراض التجارية حيث يكون الكlor بداخلها في صورة سائل مضغوط ووزنه ١,٥ مرة ضعف وزن الماء ، وعند تحرر الكlor من الأسطوانة فإنه يتحول الي غاز ، حيث يكون حجم الكlor السائل ٤٥٠ ضعف حجم الكlor للغاز .

الكلور قليل الذوبان في الماء وتصل أقصى نسبة ذوبان في الماء الي ١ % عند درجة حرارة ٩,٥ مئوية ، وعند درجة حرارة أقل من ذلك يتحد الكلور مع الماء مكونا مادة بلورية في شكل الثلج . ونظرا لان ضغط غاز الكلور يزيد بارتفاع درجة الحرارة فان الذوبان بالتالي يقل ، فعند درجة حرارة ١٠٠ مئوية لا يذوب الكلور مطلقا في الماء ، وما بين ٩,٥ و ١٠٠ مئوية فان الكلور يذوب بدرجات مختلفة تبعا لدرجة الحرارة ، وما بين هاتين الدرجتين يذوب الكلور في الماء مكونا محلول عدواني من أحماض الهيبوكلوروس والهيدروكلوريك والذي يجب الحرص الشديد عند تداوله .

الخواص الكيميائية للكلور

الكلور من الغازات النشطة ففي ظروف معينة يتفاعل الكلور مع معظم المعادن ، وقد يتم التفاعل بسرعة شديدة او بسرعة متوسطة ، والكلور شره جدا للهيدروجين فانه يحل محله في بعض مركباته ، مثال ذلك في حالة التفاعل مع كبريتيد الهيدروجين .

ويتفاعل الكلور مع الأمونيا أو المركبات الاخرى المحتوية علي النيتروجين مكونا مركبات مختلفة من الكلورامين .

ويتفاعل الكلور مع كثير من المواد العضوية مكونا مركبات معقدة وقد يصاحب بعضا من هذه التفاعلات انفجار .

الكلور ليس غاز مشتعل او مفرقع مثل الهيدروجين ، ولكن يمكنه تنشيط الاشتعال لمواد معينة وإذا يلزم لتداوله ولتخزينه الابتعاد عن الغازات المضغوطة مثل الأمونيا وكذلك المواد القابلة للاشتعال كالمواد البترولية .

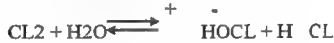
الكلور البذاب في الماء او الكلور الزطرب يتفاعل مع المعادن وخاصة الحديد مما يسبب تاكله ويلحظ ذلك في مواسير مياه الشرب المنزلية المصنوعة من الحديد، ولا يؤثر الكلور علي بعض المعادن مثل الذهب والبلاتين والتيتانيوم .

التأثير الفسيولوجي للكلور

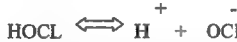
غاز الكلور غاز خافق وإذا زاد تركيزه عن ٣ جزء في المليون فإنه يحس بالآستشاق ، ويسبب الكلور التهابات جلدية عن تلامسه مع الجلد في وجود رطوبة وايضا يسبب التهابات للجهاز التنفسي واغشية التنفس وذلك طبقا لتركيز الكلور وزمن التعرض له ، وفي الحالات الشديدة يمكن ان يسبب اختناق ثم الوفاة . وتركيز الكلور السائل بعد موثرا عندما يصل الي ٤٠ مليجرام / لتر لمدة ٣٠ - ٦٠ دقيقة تعرض ، والتركيز الأعلى من ذلك يكون شديد الخطورة ولو كانت مدة التعرض وجيزة.

تفاعلات الكلور مع الماء

عند اضافة الكلور الي ماء نظيف كيميائيا (ليس به مواد عضوية او غير عضوية) فإنه يكون محلولاً من حمض الهيبوكلورس وحمض الهيدروكلوريك .

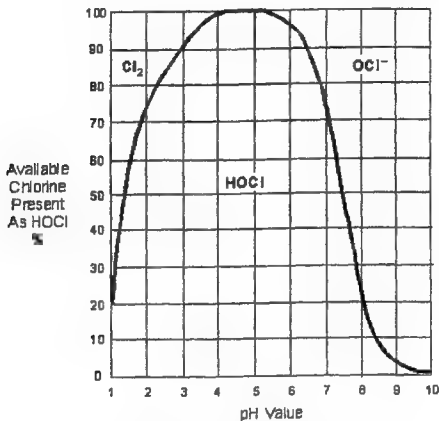


تتوقف قوة الأكسدة للكلور وقدرته علي التطهير علي تكون حامض الهيبوكلورس ، وقد يتأين حامض الهيبوكلورس الي الهيدروجين وأيون الهيبوكلوريت وهذا التفاعل عكسي وتتوقف درجة التأين علي الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة وقد يتأين حامض الهيبوكلورس هو الآخر ليعطي أيون هيدروجين وأيون هيبوكلوريت



وكمية كلا من أيون الهيبوكلوريت وحمض الهيبوكلورس في الماء يعطي الكلور المتبقي المتاح ، ومدي انتشار وتوزيع كل من العنصرين في المياه هام جدا لان كفاءة التطهير والقفل لحمض الهيبوكلورس أكبر من ٤٠ الي ٨٠ مرة من أيون الهيبوكلوريت ، لذا فإنه من الهام جدا الحصول علي أكبر نسبة من حمض

الهيبوكلورس في المياه عند التطهير بالكور عن طريق ضبط قيمة الأس الهيدروجيني والتحكم في درجة الحرارة .



شكل ١٣-٢ رسم بياني يبين توزيع حمض الهيبوكلورس وايون الهيبوكلوريت عند قيم مختلفة للأس الهيدروجيني

والكلور الحر يمكن اضافته للماء من املاح الهيبوكلوريت الصوديوم والكالسيوم



والهيبوكلوريت المتولد من تفاعل الكلور مع الماء أو الذي يضاف للماء يمكن لهذا الهيبوكلوريت ان يتحلل مائياً مكون حمض الهيدروكلوريك وينطلق أكسجين نشط مؤكسد قوي يرتبط بمجاميع السلفاهيدريل بالانزيمات ويحولها الي مركبات غير

نشطة فتموت البكتيريا ، وأيونات الهيبوكلوريت نفسها لها قدرة علي الارتباط بالبروتينات الخلوية مسببة وقف نمو وموت الخلايا البكتيريا .
والجدول التالي يبين الصور الغير عضوية المتعددة للكلور .

جدول ٢-١٢

Inorganic forms of chlorine

Acide Form	Formula	Chlorine Valance	Anionic Form	Formula
Hydrogen Chloride	HCL	-1	Chloride	CL^-
Hypochlorous acid	HOCL	+1	Hypochlorite	OCL^-
Chlorous acid	HOCLO	+3	Chlorite	CLO_2^-
Chloric acid	HCLO ₃	+5	Chlorate	CLO_3^-
Perchloric acid	HCLO ₄	+7	Perchlorate	CLO_4^-
Other Forms				
Chlorine	Cl ₂	0		
Dichlorinemonoxide	Cl ₂ O	+1		
Monochloramine	H ₂ NCI	+1		
Dichloramine	HNCI ₂	+1		
Trichloramine	NCI ₃	+1		
Chlorine Dioxide	CLO ₂	+4		

الاثر البيولوجي والكيمائي للكلور في الماء

الاثر البيولوجي

يقضي الكلور علي كثير من الأنواع البكتيرية ، حيث يقضي علي بكتريا الكوليفورم والبكتريا المسببة للأمراض والكائنات الحية الدقيقة .

ويبني التطهير بالكلور لمياه الصرف المعالجة علي اساس الحصول علي كمية محددة من الكلور المتبقي بعد تمام المعالجة للتأكد من صلاحية المياه الناتجة للأستخدام فيما بعد لاغراض شتى دون حدوث تلوث للتربة او المياه الجوفية او المسطحات المائية التي تصرف عليها تلك المياه .

ويمكن تحديد فعالية التطهير باختبار وجود بكتريا الكليفورم ، فان وجدت في

الاختبار دل ذلك علي وجود بكتريا وكائنات دقيقة اخري ممرضة وضارة ، وإذا لم توجد بكتريا الكليفورم دل ذلك علي عدم وجود كثير من البكتريا الممرضة وفاعلية عملية التطهير .

الهدف من إضافة الكلور لتطهير مياه الشرب المعالجة هو تحقيق الاتي:

١ - قتل مسببات الأمراض .

٢ - أكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين.

٣ - التخلص من بعض المواد التي تسبب لون أو طعم للمياه.

٤ - التحكم في إعداد الطحالب الداخلة في عملية للمياه.

٥ - يساعد على تحسين عملية الترويب .

الاثـر الكيميائي

الكلور عامل مؤكسد قوي فهو يؤكسد الحديد والمنجنيز ومركبات الكبريت ويتحد مع الأمونيا مكونا الكلورامين ومع النتروجين العضوي مكونا الكلورامين العضوي ويكون مركبات الكلور الاخرى .

الكلورين المستهلك والمتبقي

Chlorine Demand الكلورين المستهلك

عندما يضاف الكلور الي الماء فان جزء منه يتفاعل مع المركبات الموجودة في المياه ، وهذا الجزء يعرف بالكلور المستهلك ، وتتوقف كمية الكلور المستهلك علي كثير من العوامل المذكورة سابقا ولكن كمية وتركيز وطبيعة المركبات الموجودة في المياه هي المحددة لكمية الكلور المستهلك .

Chlorine Residual الكلور المتبقي

بعد تفاعل مع المركبات الموجودة في المياه يتبقى جزء اخر في المياه يعرف بالكلور المتبقي

وتتوقف كمية الكلور المتبقي في المياه علي العوامل الأتية :

١- درجة الحرارة

ب- الوقت الذي مر بعد اضافة الكلور

ج - كمية الكيماويات والشوائب الموجودة في المياه

د- جرعة الكلور

الكلور المتبقي = الكلور المتبقي الحر + الكلور المتبقي المتحد

الكلور المتبقي الحر Free Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في المياه علي صورة حرة علي هيئة حمض الهيبوكلورس والذي ينتج من تفاعل الكلور مع الماء

الكلور المتبقي المتحد Combined Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في الماء علي هيئة مركبات للكلور مع الأمونيا التي توجد اصلا في الماء او تضاف لمي الماء قبل اضافة الكلور .

الكلور المتبقي المتحد له قدرة أكسدة اقل من الكلور المتبقي الحر وكذلك قدرة اقل في التطهير وقتل الكائنات الحية الدقيقة ، حيث يلزم ما يعادل ٢٥ ضعف من الكلور المتبقي المتحد للحصول علي نفس النتيجة تحت الظروف المتساوية من الحرارة والرقم الهيدروجيني وزمن التلامس والمكث .

الكلور الحر المتبقي ونقطة الانكسار (التكسر)

يعتمد مفهوم الكلور الحر المتبقي بالمياه على إضافة كميات من الكلور كافية لأكسدة كل المواد العضوية ، الحديد ، المنجنيز والمواد المختزلة الأخرى الموجودة بالمياه المعالجة حتى يكون الكلور المتبقي حراً غير متحد بأى من المواد الموجودة بالمياه أو مكونا الكلورامين . ومن المعلوم أن الكلور المتحد والكلورامين أقل كفاءة في تعقيم المياه من الكلور الحر .

ويمكن التوصل إلى الكلور الحر بإضافة الكلور بكميات زائدة إلى أن يظهر الكلور الحر ويتم الكشف عليه بطريقة (الأرتوتوليدين الارسنيت) . ونقطة

الانكسار هي النقطة التي يلاحظ فيها انخفاض مفاجيء في نسبة الكلور المتبقى نتيجة لتفاعل الكلور مع الأمونيا بالمياه والتي تؤدي إلى أكسدة كل الامونيا الموجودة بالمياه وبالتالي يظهر الكلور الحر تدريجيا ليحل محل الكلور المتحد والكلورامين

أماكن اضافة جرعة الكلور

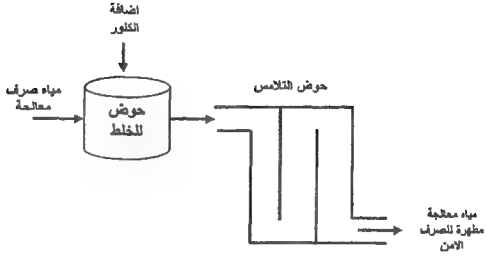
- يمكن اضافة جرعة الكلور بصفة مؤقتة وبجرعة دقيقة محسوبة في الاماكن التي تزداد فيها الروائح الكريهة في شبكة المجاري حيث يتفاعل الكلور مع الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين ويقلل من تأثيره في تأكل الشبكة .

- يمكن اضافة جرعات من الكلور في مدخل المعالجة للتخلص من البكتريا اللاهوائية وقتلها لاعطاء فرصة لنشاط ونمو البكتريا الهوائية بعد مرحلة التهوية الاولى.

ويجب ان تكون هذه الجرعات مقننة ودقيقة وذلك لان الجرعات الزائدة يمكن ان تقتل ايضا البكتريا الهوائية اللازمة لعملية المعالجة البيولوجية ، حيث ان الجرعات الزائدة تترك كلورا متبقيا يمكنه قتل البكتريا الهوائية .

- قد يضاف الكلور في مراحل المعالجة المختلفة للتخلص من بعض الكائنات الدقيقة الغير مرغوب فيها في عملية المعالجة البيولوجية مثل مشاكل الكائنات الخيطية والتي قد تكون بتركيزات كبيرة جدا يلزم اضافة الكلور للتخلص منها .
وايضا اضافة الكلور لتقليل تأثير مياه المجاري علي وحدات وأجهزة المعالجة ولمعالجة الحماة المتعفنة والغير قابلة للترسيب في المروقات الثانوية ، وايضا لقتل يرقات الذباب التي تتوالد في بعض مراحل المعالجة .

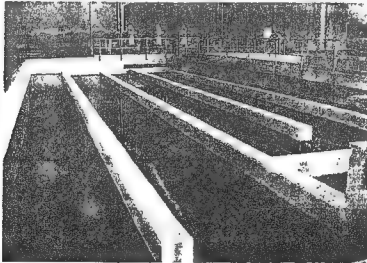
- يجب اضافة الكلور الي المياه المعالجة في المرحلة الاخيرة قبل صرفها الي المسطحات المائية مثل المصارف والأنهار، ويجب مراقبة الكلور الزائد المتبقى والحفاظ علي تركيزه في حدود ٠,٥ جزء من المليون .



شكل ٣-٤ رسم تخطيطي لوحدة تطهير بالكلور (وحدة كلورة)

ويتضح من شكل وحدة التطهير انها تتكون من

١. نقطة ضخ وإضافة الكلور الي مياه الصرف .
٢. حوض الخلط حيث يلتقي الكلور مع مياه الصرف ويتم خلطهما في هذا الحوض.
٣. حوض التلامس أو غرفة تلامس الكلور وفيها يحدث تلامس للكلور مع مياه الصرف لمدة تتراوح بين ٢٠ الي ٣٠ دقيقة، تخرج بعدها المياه وقد تم تطهيرها .
٤. نقطة صرف المياه المعالجة المطهرة (المكورة) .



صورة لأحد احواض التلامس المستخدم للتطهير

معالجة المخلفات السائلة بالكلور

يستخدم الكلور في التخلص من الروائح الموجودة في المياه المعالجة قبل صرفها الي المسطحات المائية وذلك للتخلص من البكتريا الضارة ، والكلور المستخدم قد يضاف الي المياه المعالجة معالجة ابتدائية أو الي المياه المعالجة ثانويا أو ثلاثيا .
ويبين الجدول التالي الجرعات المطلوبة من الكلور لتطهير مياه المخلفات السائلة.

جدول ٣-١٣

درجة معالجة المخلفات السائلة	تركيز الكلور اللازم لتطهير المخلفات السائلة
مخلفات سائلة بعد المصافي	٦ - ٢٤ ملليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترسيب	٣ - ١٨ ملليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترسيب الكيميائي	٣ - ١٢ ملليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترشيح	٣ - ٩ ملليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد عملية الصفاة المنشطة	٣ - ٩ ملليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد المرشحات البيولوجية	٣ - ١٠ ملليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترشيح الرملي	١ - ٦ ملليجرام / لتر

وبالرغم من ان للكلور تأثير فعال في قتل البكتريا، الا ان تأثيره محدود في تخفيض الأكسجين الحيوي المستهلك ، فقد وجد انه لانخفاض الأكسجين الحيوي المستهلك في المخلفات الخام بنسبة ٣٥ % نحتاج الي تركيز كلور يتراوح ما بين ١٠٠ الي ٣٠٠ مجم/لتر .

عيوب استخدام الكلور في تطهير مياه الصرف الصحي

في بحث قدمه الدكتور المهندس بسام العجي جامعة دمشق - كلية الهندسة المدنية يعتبر التطهير بالكلور (الكلورة) من الوسائل الفعالة للقضاء علي الكائنات الممرضة، ومنع انتشار الاوبئة والامراض التي يمكن ان تنتقل خلال المياه الملوثة والتي تسببها الكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

ومن اشهر تلك الامراض واشدها ضررا علي الإنسان التيفود والكوليرا والالتهاب الكبدي الوبائي والسل والالتهاب السحائي ، حيث يعد الكلور فعالا للقضاء علي اغلب تلك الكائنات الممرضة ، بينما يعد الكلور قليل التأثير علي بعض انواع المكورات التي تنتج الجراثيم وبعض الانواع التي تسبب البارتيغود .

ولقد ظلت طريقة التطهير بالكلور لفترة طويلة اكثر الطرق انتشارا في حماية الصحة العامة من خطر الإصابة بالامراض التي يمكن ان تنتقل خلال المياه الملوثة ، ويستخدم الكلور بجرعات عالية نسبيا لضمان امن عملية التطهير لمياه الصرف الصحي قبل صرفها علي المجاري المائية الطبيعية او قبل استخدامها في الري والزراعة.

ويؤدي استخدام جرعات عالية من الكلور الي وصول كميات كبيرة من الكلور الحر المتبقي الي المسطحات المائية ، وهذا الكلور المتبقي يمكن ان يتفاعل مع بعض المواد العضوية الموجودة في الموارد المائية مكونا مركبات هالوجينية ذات طبيعة سامة .

بالاضافة الي ان الكلور المتبقي ومركباته المتحدة تشكل تهديدا خطيرا لاشكال الحياة المختلفة الموجودة في تلك المجاري المائية اسفل مصبات محطات المعالجة علي تلك المجاري ، ويتمثل ذلك في تهديد للثروة السمكية والتي تكون حساسة لمركبات الكلور المختلفة فوجود الكلور يقلل من قدرتها علي امتصاص الاكسجين الذائب في المياه وبالتالي يؤثر علي حياتها وقد يؤدي الي نفوق كميات كبيرة من تلك الاسماك .

وهناك تأثيرا سلبيات اخري لوجود مركبات الكلور علي الحياة الميكروبيولوجية مما يخل بالتوازن البيئي في المجري المائي .

وتتعلق درجة سمية مياه الصرف الصحي الخاضعة لعملية الكلورة بتركيز الامونيا في تلك المياه ، حيث يتحد الكلور الموجود بالامونيا مكونا مركبات الكلورامينات والتي يعتقد انها مركبات سرطانية ، وايضا تفاعلات الكلور مع المواد العضوية مكونا مركبات عضوية كلورينية لها تاثير سام وسرطاني عند تراكمها داخل الكائنات المائية كالاسماك وبالتالي يمكن ان يتعرض لها الانسان باستهلاكه لتلك الكائنات .

تتعلق درجة سمية مياه الصرف الصحي الخاضعة لعملية الكلورة بتركيز الامونيا في هذه المياه قبل إخضاعها للتطهير بالكلور الفعال، حيث يشكل الكلور مع الامونيا المتواجد عادة في مياه الصرف الصحي اتحادات الكلور أمين. تعتبر اتحادات الكلور أمين مفاعلات تطهير سيئة نسبياً، فحتى تتمكن من الحصول على فعالية تطهير للكلور أمينات مشابهة لفعالية تطهير الكلور الفعال لابد من زيادة كلاً من جرعة الكلور الأولية وفترة التماس لهذه الاتحادات مع المياه، إضافة إلى أن تواجد الامونيا في مياه الصرف الصحي يخفض بشكل كبير جداً من إمكانية تواجد HOCl ضمن قيم pH الشائعة لمياه الصرف الصحي، كما أن الكلور أمينات مركبات قاتلة للأسماك حتى في حالات القيم المنخفضة جداً لتراكيزها المتبقية في المياه.

يشكل الكلور الفعال مع بقايا المواد العضوية المتواجدة في مياه الصرف الصحي اتحادات الكلور العضوية ذات الصفات السمية. تعيق هذه الاتحادات عمليات التحلل البيوكيميائي في المياه الطبيعية، وتعتبر اتحادات الكلور العضوية مركبات غير ثابتة في هذه المياه مما يعقد من مشاكل تواجدها في المياه الطبيعية.

يعتقد أن اتحادات الكلور العضوية مركبات مستوطنة مما يخفض بشكل كبير من تراكيزها المسموحة في المياه المخصصة للأغراض المنزلية، كما أن تواجد هذه الاتحادات في مياه المصادر الطبيعية المخصصة للإمداد المائي المركزي يعقد بشكل كبير من تكنولوجيا التنقية المائية ويرفع بشكل كبير من التكاليف الإنشائية والاستثمارية لمحطة التنقية.

تتشكل اتحادات الكلور العضوية بتواجد كميات منخفضة من الكلور الفعال لا تزيد عن ١% من كمية الكلور الأولية المضافة إلى المياه، حيث تحتوي أغلب هذه الاتحادات على ذرة كلور واحدة فقط في جزيئها.

كل ذلك قاد الباحثين إلى دراسة طرق بديلة للتطهير بالكلور الفعال (وخصوصاً عند تطهير مياه الصرف الصحي) كالتطهير باستخدام ديوكسيد الكلور أو كلوريد البروم أو الأوزون أو إلحاق عمليات الكلورة بعمليات إزالة الكلور (Dechlorination). وقد أظهرت الدراسات التي أجرتها وكالة Force EPA الأمريكية المتخصصة في هذا المجال أن المفاعلات السابقة تعتبر وسائل فعالة في تطهير مياه الصرف الصحي وذات سمية أقل من الكلور الفعال.

ولكن ارتفاع تكاليف وسائل التطهير الأخرى كالأوزون والأشعة البنفسجية في تطهير الكميات الكبيرة من مياه الصرف الصحي هو الذي يجعل كثير من الدول تقبل على استخدام الكلور في التطهير كبديل رخيص نسبياً .

ومن هنا يلزم ضبط جرعات الكلور المضافة لمياه الصرف الصحي حتي لا نحصل على تركيزات زائدة لها تأثير ضار على البيئة وعلى الإنسان .

٣-٨. نزع الكلور Dechlorination

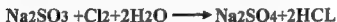
ينبغي نزع رواسب الكلور من مياه الصرف المعالجة بالكلور قبل إعادة استخدامها أو صرفها في المياه المستقبلية . وتتفاعل مركبات الكلور مع عدد كبير من المركبات العضوية في مياه الصرف، منتجة مركبات سامة غير مرغوب فيها، ومحدثة آثاراً سلبية طويلة الأجل على البيئة المائية والكائنات الحية الدقيقة فيها . ويمكن نزع الكلور باستخدام الكربون المنشط أو بإضافة عامل اختزال، كثنائي أكسيد الكبريت وكبريتات الصوديوم (غير أن نزع الكلور لا يزيل المخلفات الثانوية السامة التي تكون قد أنتجت سابقاً).

وتستخدم لازالة الكلور مواد كيميائية تسمى مزيلات الكلور وهي مواد مختزلة ويعد سلفيت الصوديوم Na_2S من المواد الفعالة الجيدة في إزالة الكلور وكما قد يستخدم ثيوسلفات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ أو الفحم المنشط لذلك والجدول التالي يبين بعض المواد المستخدمة كمزيلات للكلور والتركيزات المطلوبة لذلك.

جدول ٣-١٤

المادة	جزء مطلوب لازالة جزء من الكلور	القلوية المستهلكة ككربونات الكالسيوم مجم /لتر
سلفيت الصوديوم Na_2S	١,٤٦	١,٣٨
ثيوسلفات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	١,٧٧	١,٣٨
ثاني اكسيد الكبريت SO_2	٠,٩	٢,٨
الفحم المنشط	٠,٠٨٥	٢,١

والمعادلات الأتية توضح تفاعلات نزع الكلور بواسطة بعض المواد المختزلة .



الباب الرابع

المعالجة الفيزيائية والكيميائية

لِلرَواسب الصلبة (الحمأة)

مقدمة

١-٤. العمليات التمهيدية لتجهيز الحمأة للمعالجة والتثبيت

٢-٤. العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة الحمأة

١-٢-٤. أولا عمليات تكثيف الحمأة

٢-٢-٤. ثانيا عمليات تثبيت الحمأة

٣-٢-٤. ثالثا تكييف الحمأة

٤-٢-٤. رابعا التجفيف ونزع الماء من الحمأة

٥-٢-٤. خامسا تطهير الحمأة

٦-٢-٤. سادسا التخلص من الحمأة واستخدامها

الباب الرابع

المعالجة الفيزيائية والكيميائية

لِلرّواسب الصلبة (الحمأة)

مقدمة

تنتج عن عمليات معالجة المخلفات السائلة مواد صلبة ، حيث تتفصل هذه المواد الصلبة بكميات كبيرة عن المخلفات السائلة .ومن هنا نبعت ضرورة التخلص من المواد الصلبة والتي تعرف بالحمأة والمواد السائلة والتي تعرف بالمياه المعالجة كلاً علي حدة . والمواد الصلبة التي انفصلت عن المياه السائلة تتجمع اما في أحواض الترسيب الابتدائي او في أحواض الترسيب النهائي علي هيئة حمأة اي رواسب تحتوي علي نسبة عالية من المياه قد تصل من ٩٣% الي ٩٨ % من الوزن الكلي للحمأة . وسبب احتواء الحمأة علي نسبة مواد صلبة قليلة هو احتواء مياه المجاري الخام اصلا علي نسبة صغيرة من المواد الصلبة من ٠,١ % الي ٠,٢ % من الوزن الكلي للمياه

وهذه الحمأة ما تحتوي علي اعداد هائلة من الكائنات الدقيقة الممرضة وغير الممرضة وقد تحتوي علي بعض العناصر الثقيلة السامة ، ولذلك فهي تمثل خطراً علي الصحة العامة ويلزم التخلص منها بطرق امنة صحياً وبيئياً ، وذلك قبل تجفيفها او بما تحتويه من مياه او بعد تجفيفها . وعموما يفضل معالجة الحمأة قبل التخلص منها بهدف تحسين حالتها وعضمها وزيادة قابليتها للتجفيف في أحواض التجفيف او للترشيح (اي زيادة قابلية فصل المواد الصلبة عن المواد السائلة) .

وتستخدم عمليات التثخين (التركيز) والتجهيز ونزع المياه والتجفيف اساس في في تخليص الحمأة من كبيرة من المياه الموجودة بها . وتستخدم عمليات الهضم

والكرم والحرق والكسدة الهواء الرطب والمفاعلات والانابيب الراسية في تجهيز وتنبيت المادة العضوية في الحمأة .

وقدما يلي تعريف الحمأة وأنواعها:

الحمأة

المقصود بالحمأة هو المادة الصلبة المتخلفة المترسبة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحي . ويمكن استخدام الحمأة في كثير من الأغراض منها استخدامها كمخصب للأرض الزراعية بشرط مطابقتها للمعايير البيئية والصحية.

الحمأة الابتدائية Primary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الابتدائي ذات لون رمادي غامق يميل للأسود وهي خفيفة القوام كريهة الرائحة وتحتوي على مواد عضوية ذائبة وعالقة وعلى العديد من الكائنات الممرضة Pathogens مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات.

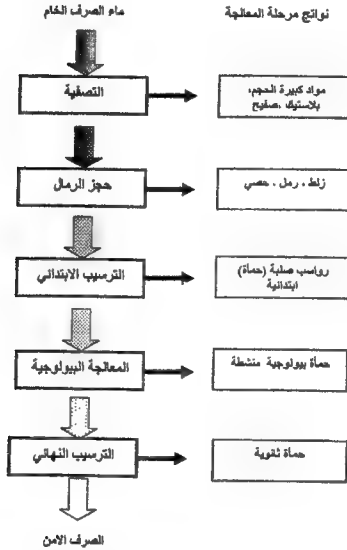
الحمأة الثانوية Secondary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الثانوي وهي ذات لون بني خفيفة القوام تحتوي على كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات وتسمى أيضا الحمأة البيولوجية حيث انها نتجت بعد مراحل معالجة بيولوجية.

الحمأة الآمنة

هي الحمأة التي يمكن تداولها واستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة ، وأمنة تماما للإنسان والحيوان ، وحتى تكون للحمأة أمنة يجب ان يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الآمنة المسموح بها ، وان يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الآمنة وذلك بمعالجتها وتنبيتها قبل تداولها .

والشكل التالي يبين مراحل معالجة مياه الصرف الصحي في احد المشروعات وتولد انواع الحمأة المختلفة من كل مرحلة.



شكل ١-٤ مراحل معالجة مياه الصرف الصحي وتولد انواع الحمأة المختلفة

وهناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة يمكن إختيار بعضها لنظام المعالجة ويتوقف ذلك على عدة عوامل مختلفة منها:

١. خواص الحمأة وتشمل خواص الحمأة في الاحتفاظ بالماء وطبيعتها الخطرة أو الغير خطيرة .

٢. محتوى الحمأة من المواد الصلبة.

٣. الموقع الجغرافي والمناخ للمنطقة .

٤. درجة المعالجة المطلوبة للحمأة .

٣. نوعية استخدام الحمأة المجففة .

٤. الظروف البيئية لكل منطقة.

٥. القوانين المنظمة للتخلص من الحمأة .

٦. الدواحي الاقتصادية.

والجدول التالي يوضح كافة العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الخاصة بمعالجة الحمأة والتخلص منها

جدول ٤-١

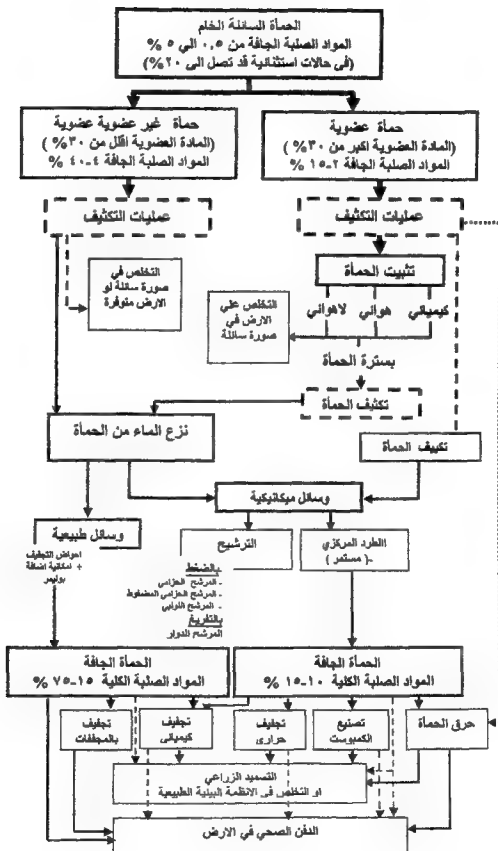
عمليات وطرق معالجة الحمأة

وحدات وطرق المعالجة Unit Operation, Unit Process or Treatment Methods	طرق المعالجة ووظيفتها Processing or Disposal function
ضخ الحمأة Sludge Pumping طحن الحمأة Sludge Grinding خلط وتخزين الحمأة Sludge Blending and Storage	العمليات التمهيدية Preliminary Operations
التكثيف بالجاذبية Gravity Thickening التكثيف بالطفو Floating Thickening التكثيف بالطرد المركزي Centrifugation Thickening التكثيف بالاسطوانات الدورانية Rotary drum Thickening	التقليظ والتكثيف Thickening

Lime stabilization التثبيت بالصدوا Heat treatment المعالجة الحرارية Aerobic digestion الهضم الهوائي Anaerobic digestion الهضم اللاهوائي Compositing التحويل لمركبات ثابتة	Stabilization التثبيت
Vacuum filter (بتفريغ الهواء) التجفيف بالتفريغ Centrifugation التجفيف بالطرد المركزي Belt press filters التجفيف بالمرشحات المضغوطة Drying beds التجفيف بأحواض تجفيف الحمأة التجفيف في البرك والبحيرات	التجفيف ونزع الماء Dewatering
Dryer variations التجفيف بالمجففات المتغيرة Multiple effect evaporators التجفيف بالمجففات متعددة المراحل والتأثير	Heat drying التجفيف الحراري
Pasteurization التطهير الجزئي Long - term Storage التطهير بالتخزين الطويل الممتد	التعقيم وتطهير الحمأة Disinfections
Chemical Conditioning التجهيز الكيميائي Heat Treatment المعالجة الحرارية	ظبط وتجهيز الحمأة Conditioning
Land Application القاءها وفردها في الأرض Distribution and marketing التوزيع والتسويق بالبيع Landfill شحن الأرض Lagooning القاءها في البحيرات Chemical fixation التثبيت الكيميائي	التخلص النهائي من الحمأة Sludge disposal

والشكل التالي هو لمخطط يشرح كافة العمليات الممكنة التي تحدث للرواسب الصلبة المتولدة من محطات الصرف الصحي من معالجة وتثبيت وتكييف والتخلص والاستخدام ويبدأ من مرحلة تولد الحمأة الخام السائلة من أحواض الترسيب الابتدائي والنهائي الي استخدام الحمأة النهائي في التسميد أو التخلص الامن صحيا وبيئيا في المسطحات المائية أو علي الأرض .

شكل ٧-٤ عمليات تجهيز ومعالجة الحمأة والتخلص منها



٤-١. العمليات التمهيدية لتجهيز الحمأة للمعالجة والتثبيت

تعتبر العمليات الأولية مثل طحن الحمأة وإزالة الرمال والخلط والتخزين مسن العمليات الضرورية من اجل تجهيز الحمأة لاندخالها علي معدات معالجة الحمأة في شكل منتظم متجانس نسبيا ، ويمكن اتمام عمليتي الخلط والتخزين في وحدة واحدة مصممة للقيام بعمليتين أو اتمام كل عملية علي حدة في وحدات المحطة المختلفة .

١. طحن الحمأة Sludge Grinding

ويتم فيها تقطيع القطع الكبيرة والاجزاء الخيطية والالياف الموجودة بالحمأة الي قطع صغيرة لمنع انسداد المعدات والتفاف قطع الحمأة حولها .

٢. إزالة الرمال والحصى من الحمأة Sand and grit Removal

في بعض المحطات التي لا تستخدم معدات أو وحدات منفصلة لازالة الحصى قبل احواض الترسيب الابتدائي أو التي تحتوي علي وحدات لازالة الرمال ولكنها غير ملائمة لتحمل مستويات التدفق العالية أو احمال الحصى المرتفعة . فإنه من الضروري إزالة الرمال والحصى كحل عملي حين يتطلب الامر مزيدا من التخزين للحمأة الأولية .

وايضا تراكم الرمال والحصى في احواض التركيز واحواض التخثير (الهضم اللاهوائي) بسبب مشاكل كبيرة يصعب حلها فيما بعد (احواض الهضم اللاهوائي تصمم لتبقي عشرون عاما دون تفريغها وتراكم الرمال يعمل علي ملئها سريعا وتوقفها عن العمل فيما بعد لصعوبة نقلها مع وجود الرمال) .

وافضل الطرق لازالة الحصى والرمال من الحمأة هو عن طريق استخدام الطرد المركزي في نظام تدفق من اجل فصل حبيبات الحصى والرمال من الحمأة العضوية ويتم هذا الفصل من خلال فاصل الرمال الدوار cyclone degritter الذي لا يحتوي علي اجزاء متحركة .

٣. خلط الحمأة Sludge Blending

يتم خلط الحمأة من أجل تكوين خليط متجانس وهذا مهم في أنظمة الزمن القصير للاستبقاء مثل عملية نزع لمياه من الحمأة والمعالجة الحرارية والحرق ، ويجب ادخال حمأة ذات قوام متجانس وجيد الخلط الي وحدات المعالجة لزيادة كفاءة التشغيل ويتم خلط الحمأة من المراحل الاولى والثانوية المتقدمة بطرق عديدة :

• في أحواض الترسيب الابتدائي

• في الانابيب

• في معدات معالجة الحمأة التي لها زمن بقاء طويل

• في حوض منفصل للخلط

وعادة يتم تزويد احواض الخلط بالقلابات الميكانيكية والحوالجز للحصول علي الخلط الجيد .

٤- تخزين الحمأة Sludge Storage

يجب تخزين الحمأة من أجل تقليل الاضطرابات في معدل انتاج الحمأة ولاتاحة الفرصة لتراكم الحمأة اثناء توقف تشغيل وحدات معالجة الحمأة . وتأتي اهمية تخزين الحمأة في تثبيت معدل ادخال الحمأة بالنسبة للعمليات الاتية :

• التثبيت باضافة الجير

• المعالجة الحرارية

• نزع المياه الميكانيكي

• التجفيف

• الاختزال الحراري

وفي الوحدات الصغيرة الحجم تم تخزين الحمأة عادة في أحواض الترسيب والتخمير ، اما في الوحدات الكبيرة الحجم التي لا تستخدم المخمرات الهوائية او اللاهوائية فيتم تخزين الحمأة غالبا في أحواض خلط وتخزين منفصلة . ويمكن

تغيير حجم الحوض ليتم استبقاء الحمأة لمدة ساعات وحتى عدة أيام وإذا تم تخزين الحمأة لأكثر من يومين أو ثلاثة فإنها تفسد ويصعب تجفيفها .

٥- غسيل الحمأة

تعد عملية غسيل الحمأة من العمليات التمهيديّة التي تسبق عمليات التجفيف والتثبيت وتحسن من خواص الحمأة الداخلة لهذه العمليات ، وتتلخص هذه الطريقة في إضافة ماء نظيف نسبيا الي الحمأة (قد يستخدم الماء الناتج عن المعالجة النهائية Effluent

وتكون كمية الماء النظيف ضعفين كمية الحمأة المراد غسلها ، بعد إضافة الماء يترك الحمأة لتترسب في قاع الحوض ، بينما يخرج الماء من أعلي الحوض .

ويتم العملية بمزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق في الحوض اما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط ثم يترك الخليط لتترسب المواد العالقة الي القاع .

وقد تصل نسبة الحمأة الي المواد المضافي من ١ : ١,٥ الي ١ : ٤,٥ .

فوائد عملية غسيل الحمأة :

- ❖ تصفية الحمأة من المواد الذائبة وتحسين تركيب دقائق الحمأة.
- ❖ عدم الاحتياج الي أستعمال كميات كبيرة من الجير مع كلوريد الحديدك أو الاستغناء عن الجير تماما .
- ❖ خفض حوالي ٥٥ الي ٧٥ % من كمية كلوريد الحديدك المستخدم في عمليات المعالجة الكيميائية للحمأة.
- ❖ زيادة قابلية الحمأة للترشيح وللتجفيف بسهولة.
- ❖ خفض نسبة المواد غير العضوية مثل المواد الرمامية في الحمأة المجففة

٢-٤. العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة الحمأة

٤-٢-١. أولا عمليات تكثيف الحمأة

عملية التكتيف هي تركيز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية والنهائية في أحواض خاصة تسمى أحواض التكتيف (التركيز) أو المكثفات Sludge Thickening Tanks

وتحتوي المياه المنصرفة من أحواض الترسيب علي ٩٥ الي ٩٧ % ماء من وزنها وهذا يؤدي الي تكاليف كبيرة في ضخها أو نقلها للتخلص منها لذلك تستعمل وحدات التركيز للتخلص من جزء كبير من من الماء . فالغرض الأساسي من استعمال وحدات التركيز هو التخلص من بعض المياه الموجودة في الحمأة وتحويلها الي حمأة ذات تركيز من ٥ الي ٧ % وهذا يسهل عملية التشغيل وتخفيض تكاليف التخلص من الرواسب .

وتبني فكرة التركيز علي ترك الحمأة داخل المكثفات لساعات يتم فيها ترسيب الحمأة بفعل الجاذبية الأرضية

وكما ذكرنا فان المقصود بعملية تكثيف الحمأة هو رفع نسبة المواد الصلبة فيها وتؤدي زيادة بسيطة في محتوى المواد الصلبة (من ٣ إلى ٦) في المائة إلى تقليص هام في حجم الحمأة (حتى ٥٠ في المائة)، وبالتالي تقليص الحجم المطلوب لوحدة المعالجة اللاحقة .

وبجري تكثيف الحمأة عادة بطرق فيزيائية منها الترسيب بفعل الجاذبية والتعويم والفرز بالطرد أو النبذ . ويوضح الجدول التالي الطرق الفيزيائية لتكثيف الحمأة.

جدول ٤-٢

وصف التكنولوجيات الشائعة لتكثيف الحمأة

طريقة التكثيف	وصف الطريقة	نسبة تركيز المواد الصلبة %
التكثيف بالجاذبية	يشبه التكثيف بالجاذبية حوض الترسيب الدائري التقليدي . وتدخل الحمأة المخففة إلى بئر التغذية وتترك لتترسب وترص قبل سح بها من أسفل الحوض . وتكثش الحمأة بأوتاد عمودية بهدف تحريكها بلطف والمساعدة على تكثيفها عبر إطلاق الغاز والمياه المحبوسة داخلها . وتضخ الحمأة المكثفة إلى هاضمات أو معدات نزع المياه بينما يعاد الطفو إلى منشأة المنبع في محطة المعالجة أو إلى خزان الترسيب الأولي . وهذه الطريقة أكثر فعالية للحمأة الأولية.	٦-٤
التعويم	يستخدم التعويم بالهواء المذاب لتكثيف الحمأة الناجمة عن عمليات المعالجة البيولوجية ذات النمو المعلق . وتتضمن إدخال الهواء إلى محلول الحمأة المضغوطة . وعندما يزال الضغط عن محلول الحمأة، يرتفع الهواء المذاب فقائيع صغيرة حاملة معها الحمأة إلى السطح حيث تكثش.	٥-٣,٥
الطرد المركزي	تستخدم أجهزة الطرد المركزي لتكثيف ونزع المياه من نفايات الحمأة المنشطة . وتتضمن ترسيب جسيمات الحمأة تحت تأثير قوى الفرز الطاردة . وهناك نوعان أساسيان من الفرازات الطاردة هي الحوض الصلب والسلة غير المتحركة . تتألف الفرازات الطاردة ذات الحوض الصلب من حوض طويل أفقي ومتدرج من نهاية واحدة . وتدخل الحمأة باستمرار وتتركز المواد الصلبة على المحيط تتألف الفرازات الطاردة ذات السلة غير المتحركة من حوض عمودي ٨ إلى ١٠ في المائة دوّار يعمل بقطع . وتتجمع المواد الصلبة على حائط الحوض بينما يصفق السائل.	٦-٤ ١٠-٨
الحزام النقلي	يتألف هذا النوع من المكثفات من حزام نقلي متحرك فوق أسطوانة تقودها وحدة قيادة متعددة السرعات .	٦-٣

	وتستخدم لتكثيف الحمأة الخام والحمأة المهضومة بعد تكييفها بإضافة البوليمرات . وتدخل الحمأة المكثفة إلى علية ثم توزع بطريقة متساوية على عرض الحزام المتحرك. وعندما ترشح المياه عبر الحزام، تحمل الحمأة إلى طرف الصرف للمكثف.	
٩٠	يتألف هذا النوع من المكثفات من نظام تكييف لنفايات الحمأة للمنشطة ومصافي أسطوانية دوارة . وفي المرحلة الأولى، تمزج البوليمرات مع الحمأة الرقيقة في اسطوانة التكثيف ثم تمرر إلى المصافي الأسطوانية الدوارة التي تفصل المواد الصلبة المتلبددة من المياه.	الاسطوانة الدوارة
المصدر : Metcalf and Eddy Inc., Wastewater engineering, 3rd ed.		

١- وحدات تكثيف الحمأة بالجاذبية Gravity Thickener

وحوض التكثيف أو المكثف يشبه في تركيبه حوض الترسيب العادي ، فهو دائري المسقط الأفقي وله قاع مخروطي الشكل - وتدخل الحمأة الي مركز الحوض بمعدل ينراوح من ٢٠ الي ٤٠ متر مكعب لكل متر مربع من سطح الحوض يوميا . ويحتوي الحوض علي انزع تدور ببطء شديد وتخرج الحمأة المركزة من راس القاع المخروطي بينما يخرج السائل الذي يطفو علي سطح الحمأة المركزة عن طريق مدار بطول سطح الحوض .

والحمأة المركزة الخارجة من هذا الحوض تحتوي علي ٥ الي ٧ % مواد صلبة ومن هذه المواد الصلبة حوالي ٧٥ % مواد عضوية وينتج من عملية تكثيف الحمأة خفض الحجم الكلي للحمأة الي ٧٠ % من حجمها الاصلي .

والمياه السائلة التي تخرج من حوض التكثيف تحتوي علي ١٠٠ الي ١٥٠ جزء من المليون من المواد الصلبة ، بينما يكون الأكسجين الحيوي المستهلك حوالي ٢٠٠ جزء في المليون ، وتعاد هذه المياه الي أحواض الترسيب الابتدائي أو السلي

أحواض التهوية في حالة عدم وجود أحواض ترسيب ابتدائي وذلك لتمر خلال مراحل المعالجة مختلطة بالمخلفات السائلة .



صورة لأحد المكثفات دائري الشكل

وبالرغم من وحدات التركيز تشبه الي حد كبير المروقات الا انها تختلف عنها من نواحي كثيرة منها :

١. ان حجم وحدة التركيز او المكثف أقل بكثير من حجم المروق لكي لا يسمح بتخزين كمية كبيرة من الحمأة التي يراد تركيزها وتكون عرضة للتعفن .
٢. ان درجة ميل القاع لوحدة التركيز نحو الوسط اكثر من درجة ميل قاع المروق
٣. مكان تجميع الحمأة في الوسط أكبر حجما بالمقارنة بالمروق .
٤. ان كاسح الحمأة مزود بمحرك قوي لأمكانية كسح الحمأة الأكثر تركيزا وكثافة.

٥ . توجد عوارض مثبتة رأسيا علي كاسح ويصل ارتفاعها تقريبا الي منتصف عمق المكثف ، والغرض من هذه العوارض هو تحريك محتويات الوحدة لتسهيل خروج فقاعات الغازات وبذلك يسمح للمواد الثقيلة بالرسوب .

والجدول التالي يبين كفاءة عملية التثيف في المكثفات التي تعمل بتأثير الجاذبية

جدول ٣-٤

كفاءة عملية التثيف

حجم الحمأة SVR Sludge Volume ratio (days)	المياه المسائنة التالفة Overflow concentratio n mg/l	الحمأة المتكثفة التالفة Underflow Concentrati on TS%	المياه المغذية للمكثف Feed Concentration TS	نوع الحمأة Sludge type
-	150 – 200	5.0 – 8.0	0.3-1.0	حمأة الترسيب الأبتدائي Primary sludge
3	140	5.6	1.2	الحمأة الزائدة المنصرفة Waste Activated Sludge
-	156	7.8	0.3	حمأة الترسيب الأبتدائي + الحمأة الزائدة (المنصرفة) Primary sludge+ Waste Activated Sludge

ملحوظة

نسبة حجم الحمأة = حجم طبقة الحمأة بالمكثف / حجم الحمأة المتكثفة المزالة من المكثف يوميا.

SVR Sludge Volume Ratio (days) = Volume of the sludge blanket / Volume of thickened sludge removed daily

عوامل واسس تصميم وحدات التكتيف بالجاذبية

هناك عوامل تتحكم في تصميم وحدات التكتيف بالجاذبية وهذه العوامل تختلف عن عوامل تصميم المروقات وذلك لاختلاف حجم المكثف بالمقارنة بالمروق واختلاف مدة بقاء الحمأة داخل الأحواض .

وعموما يتم تصميم أحواض تكتيف الحمأة اعتماداً على العوامل الآتية:
— مدة بقاء الحمأة في الحوض (مدة المكث) وتتراوح بين (١ - ٢) يوم .
— معدل التحميل السطحي الهيدروليكي الذي يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٥ م^٣/م^٢/يوم .
— الحمل العضوي ويختلف باختلاف وحدات المعالجة كمايلي :

١٠٠ - ١٥٠) كجم مواد صلبة / م^٢ / يوم (حمأة مجمعة من أحواض ترسيب ابتدائي .
(٥٠ - ٦٠) كجم مواد صلبة / م^٢ / يوم (حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب مرشحات بيولوجية (٢٠ - ٣٠) كجم مواد صلبة / م^٢ / يوم حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة .
(٥٠ - ٦٠) كجم مواد صلبة / م^٢ / يوم (حمأة مجمعة من أحواض ترسيب ابتدائية + حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة .

العوامل التي تؤثر على كفاءة تركيز الحمأة بالجاذبية

أ- مدى انتظام دخول وخروج الماء من حوض التكتيف

وهو من العوامل الهامة فان عدم انتظام دخول وخروج المياه يمكن ان يؤدي الي حدوث دولامات وتيارلت ثانوية عند منطقتي المدخل والمخرج ، وهذه التيارات تحد من عملية ترسيب المواد العالقة ، كما أن عدم انتظام توزيع المياه في المدخل وتجميعها في المخرج بكامل قطاع الحوض قد ينتج عنه مناطق راكدة في أنحاء الحوض Dead Zones مما يحد من السعة الفعالة للحوض ومن ثم يحد من مكوث الماء في الحوض ، وبالتالي يقلل من كفاءة الترسيب .

ولذلك من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج بحيث يضمن انتظام توزيع المياه وتجميعها وعدم تولد المناطق الرلكة.

ب- نوعية الحمأة التي تم سحبها من المروقات

نوعية الحمأة التي تم سحبها من المروقات وكمية الخبث بها ففي الوقت الذي تكون فيه الحمأة الابتدائية أكثر كثافة لنقل الجزيئات المكونة لها وسهولة ترسيبها تكون الحمأة الثانوية أقل كثافة وتحتاج الي مدة مكث اطول لأتمام ترسيبها هذا بالإضافة الي ان الخبث عادة يكون خفيف الوزن وكثرة كمية الماء المستعملة في دفعه تسبب تخفيف الخليط الداخل الي المكثف .

ج- ازدياد عمر الحمأة المراد تركيزها يؤدي الي تحليلها بواسطة البكتريا وبذلك تنفقت الاجزاء لكبيرة منها بالإضافة الي ان فقاعات الغازات المتولدة تنتصق بالاجزاء المتعفنة وتعمل كمومات طافية يصعب معها الرسوب الي القاع .

د- ازدياد فترة المكوث

ازدياد فترة المكوث في الوحدة يزيد من كفاءة التركيز ولكن يمكن ان يؤدي ذلك الي نقص واستهلاك الأكسجين الذائب وتوقف نشاط البكتريا الهوائية وتبدأ البكتريا اللاهوائية في النشاط والنمو مسببة تطلا لاهوائيا للمواد العضوية مما يؤدي الي تعفنها .

ر- احتواء الحمأة على تركيزات عالية من المواد الصلبة المتطايرة

زيادة المواد الصلبة المتطايرة في الحمأة تعمل علي إعاقة عملية الترسيب بالجاذبية لانخفاض الكثافة النوعية للجزيئات المكونة للحمأة .

ل- المعالجة الكيميائية المسبقة للحمأة

الكيمائيات مثل برمنجانات البوتاسيوم وكلوريد الحديدك والبوليمرات تحسن من كفاءة الترسيب بالجاذبية عند معالجة الحمأة بها معالجة مسبقة اولية.

و- الارتفاع في درجة الحرارة

يساعد علي تخفيف اللزوجة وزيادة كفاءة الترسيب ولذلك يمكن سحب الحمأة المركزة أكثر تكررا في الصيف منه اثناء الشتاء .

ي - زيادة الحمولة علي وحدة التركيز

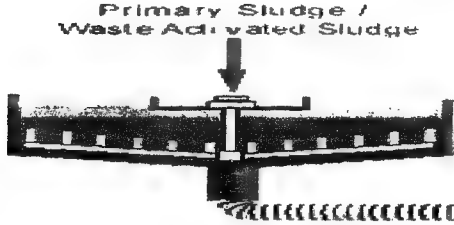
يقلل من كفاءة تشغيلها لزيادة المواد العالقة ، فيجب م ملاحظة تحميل الوحدة في حدود الطاقة التصميمية لها .

الملاحظة البصرية لمكثف الحمأة

يجب مراقبة حوض التكتيف بصريا وذلك لمعرفة أية ظواهر غريبة قد تتواجد علي سطح الحوض كتصاعد بعض من المواد العالقة أو تصاعد فقاعات أو غازات أو كتل طافية من الحمأة .لذا يجب أن يقوم طاقم التشغيل بفحص روتيني وملاحظة بصرية جيدة للمكثف وتتمثل المراقبة البصرية للمكثف في ملاحظة الظواهر الآتية:

- هل هناك انبعاث لروائح كريهة جدا من المكثف.
- هل تتصاعد كرات من الحمأة الي سطح المكثف مصحوبة بغازات.
- هل تخرج كميات كبيرة من الحمأة علي محيط هدار المكثف مع المياه .
- هل هناك كتل طافية فوق سطح المكثف.

GRAVITY THICKENERS



صورة توضح عملية التكتيف بالجاذبية للحماة الابتدائية

طريقة تشغيل وحدة التكتيف بالجاذبية

ان عملية تشغيل وحدة التكتيف الجيدة تهدف الي جعل الوحدة تعمل بكامل طاقتها وبكفاءة عالية مما يساعد علي تلافي مشاكل التشغيل العادية وحل المشاكل الغير تقليدية بسهولة بالإضافة الي اطالة عمر الوحدة من خلال المحافظة الجيدة علي المعدات الميكانيكية والكهربية لها من خلال التشغيل الجيد. وتتمثل طريقة التشغيل الجيدة في النقاط الآتية :

- ١- قبل البدء في ضخ الحماة التي يراد تركيزها يتم التأكد من نظافة الحوض وخلوه من أية مواد غريبة .
- ٢- تأكد من ان جميع عمليات الصيانة الوقائية من تشحيم وتغيير زيوت ودهانات وإصلاح ارضيات أو جدران خرسانية قد تمت .
- ٣- افحص جميع اجزاء الوحدة من كاسح الرواسب والعوارض الراسية المثبتة عليه وتأكد من الكاسحة الكاونشوك سليمة وغير متآكلة ومثبتة جيدا وملصقة للأرضية .

٤- تأكد من ان جميع فتحات دخول وخروج المياه نظيفة وليس بها اية معوقات أو شوائب تعوق سير المياه ، وتأكد ايضا من البوابات التي تتحكم في الوحدة ستعمل بسهولة في الفتح والقتل .

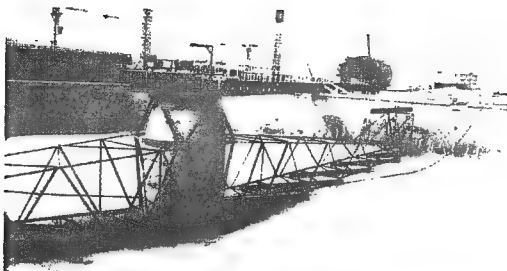
٥- افحص مفاتيح توصيل الكهرباء وتأكد من ان المواتير جاهزة للعمل قبل توصيل الكهرباء

٦- قم بتشغيل وحدة كسح الرواسب وراقب كيفية دورانها خلال دورتين أو ثلاث دورات كاملة ولاحظ عدم وجود اهتزازات أو اصوات غير عادية .

٧- بعد التأكد من نظافة الحوض وكفاءة الاجهزة المركبة به ، تأكد ايضا من ان بوابة سحب الحمأة المركزة مقفولة جيدا ثم افتح بوابة الدخول وابدأ في ضخ الحمأة المخففة الي الوحدة .

٨- ابدأ بتصريف الحمأة المركزة الراسبة في القاع بصفة دورية ، ولاحظ ان تصريف الحمأة وهي في تركيز ٨ الي ١٠ في المائة مناسب ولا تترك التركيز يزداد لان الحمأة ذات التركيز العالي اكثر من اللازم ستزيد الحمل علي وحدة الكسح وربما لا تقوي علي العمل وتتوقف ، وفي هذه الحالة نضطر الي تفريغ الوحدة وتنظيفها يدويا وهذا مجهود كبير ويحتاج عدة أيام لانجازه .

٩- من الواجب غسل ظلمبات سحب الحمأة المركزة وخط الطرد بعد كل عملية سحب حتي لا تعطي فرصة لتماسك هذه المادة المركزة وتسبب سد شديد التماسك من الصعب تسليكه بالطرق العادية .



صورة لمكثف بالجانبية فارغ يبين زخافات كسح الحمأة

بعض الطرق الحسابية لوحدات التكتيف

مثال ١ طريقة حساب كمية الحمأة الناتجة

مثال أحسب كمية الحمأة الناتجة من وحدة تركيز يدخل إليها ٣٤٠٠ متر مكعب يوميا بتركيز ٤٠٠ مجم /لتر مود عالقة ويخرج منها بتركيز ١٥٠ مجم /لتر مود عالقة .
كمية المواد العالقة الداخلة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام * معدل التحميل
(متر مكعب في اليوم)

$$= ٣٤٠٠ \times ٠,٤٠ = ١٣٦٠ \text{ كيلوجرام في اليوم}$$

$$\text{كمية المواد العالقة الخارجة} = ٣٤٠٠ \times ٠,١٥ = ٥١٠ \text{ كيلوجرام في اليوم}$$

$$\text{كمية الحمأة الناتجة} = ١٣٦٠ - ٥١٠ = ٨٥٠ \text{ كيلوجرام في اليوم}$$

$$= ٠,٨٥ \text{ متر مكعب يوميا}$$

مثال ٢

أحسب كفاءة وحدة التركيز اذا كان تركيز الحمأة الداخلة ٣ في المائة والخارجة بتركيز ٦ في المائة .

$$\text{معامل تركيز الحمأة (كفاءة التركيز)} = ٣/٦ = ٢,٠$$

٢- التكتيف بالطفو (التعويم)

يستخدم التعويم بالهواء المذاب لتكتيف الحمأة الناجمة عن عمليات المعالجة البيولوجية ذات النمو المعلق . وتتضمن إدخال الهواء إلى محلول الحمأة المضغوطة . وعندما يزال الضغط عن محلول الحمأة، يرتفع الهواء المذاب فقائيع صغيرة حاملة معها الحمأة إلى السطح حيث تكتشط.

وطريقة تكتيف الحمأة بالتعويم بالهواء المذاب قد اثبتت نجاحا في تكتيف الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب النهائية حيث ان طبيعة الحمأة الخارجة من تلك الأحواض تتناسب طريقة التكتيف بالهواء المذاب.

وحدة تكتيف الحمأة بالهواء المذاب

المواد الصلبة أو الرواسب التي تطفو فوق سطح الماء لها جاذبية نوعية اقل من كثافة المياه (كثافة الماء تساوي ١,٠) الطفو بالهواء المذاب يزيد من معدل فصل الجزيئات والتي لها جاذبية نوعية اقل من ١,٠ بالتصاق فقاعات الهواء الصغيرة جدا بكتل المواد الصلبة جاعلا الفقاعات تطفو فوق سطح السائل.

ونظام الطفو المذاب يتم فيه توليد جزيئات وفقاعات هواء يتراوح قطرها ما بين ٥ الي ١٠٠ ميكرون اي في حجم وقطر شعرة الإنسان أو حبة اللقاح .

الطفو بالهواء المذاب له القدرة علي جعل المواد تطفو والتي لها جاذبية نوعية اكبر من ١,٠ وذلك في حالة ان الجاذبية النوعية لكل من المواد الصلبة وفقاعات الهواء معا اقل من ١,٠ بتلاصق الهواء مع المواد المنكثلة.

في هذا النظام يتم ملاصقة الهواء لمياه الصرف أو الحمأة القادمة وهذه الملاصقة تتم تحت ضغط عالي مما يؤدي الي اذابة الهواء . ويتم خفض الضغط علي سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقائيع هواء صغيرة جدا تماثل حجم الميكرون وترفع الحمأة لطافية الي سطح المياه حيث يسهل ازلتها وكشطها .

التصاق فقاعات الهواء من خلال المزيج المعلق (المحتوي علي مياه الصرف والرواسب الصلبة - الحمأة) يجعل جزيئات وحبيبات الحمأة تطفو علي السطح نتيجة لتراكم الهواء علي سطح الجزيئات واصطدام الفقاعات المتصاعدة مع الجزيئات العالقة وانحباس فقاعات الهواء الغازية أثناء تصاعدها اسفل الجزيئات وامتزاز الغاز من خلال الكتل الهلامية المتكونة او للترسبة حول فقاعات الهواء .

والمزيج المتكون عن اختلاط الهواء بالحمأة والذي يسمى مزيج الهواء / الرواسب الصلبة له جاذبية نوعية (وزن نوعي) أقل من الجاذبية النوعية للمياه بمفردها مما يؤدي الي طفو الحمأة حيث تكفي قوة الطفو للمزيج لرفع جزيئات الحمأة الي

سطح المياه وتسمى الحمأة في هذه الحالة بالحمأة الطافية Floated Sludge بينما تتساق المياه رائقة لاسفل وتسمى المياه في هذه الحالة بالمياه المتدفقة لاسفل

DAF Under Flow

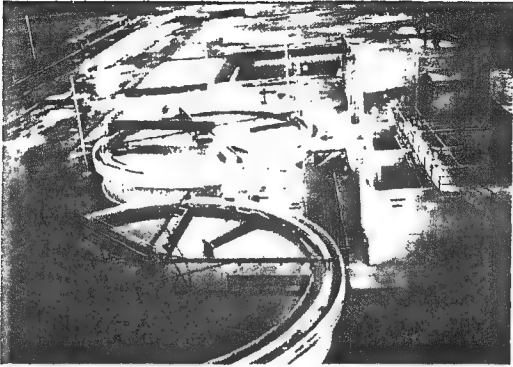
وحدات التكتيف بالهواء المذاب أما ان تكون دائرية أو مستطيلة والوحدات الدائرية أكثر كفاءة من الوحدات المستطيلة حيث مساحة السطح المسنولة عن توليد فقاعات الهواء تكون اكبر في الوحدات الدائرية عنها في الوحدات المستطيلة بالاضافة الي ان الحمأة المتكتفة الناتجة تكون أكثر كثافة وافضل توزيعا في الوحدات الدائرية.

عمليات تكتيف الحمأة التمهيدية بالبولىمرات الكيماائية تؤدي الي زيادة كفاءة وحدات التكتيف بالهواء المذاب وتحسن من اداء تلك الوحدات.

ضغط الهواء في وحدات التكتيف بالهواء المذاب أما ان يكون بالتدفق الكامل للضغط او باعادة التدوير .

بتراوح تركيز المواد الصلبة في الحمأة المتكتفة الطافية Floated Sludge بين ٣,٥ الي ٥ % اي من ٣٥ الي جرام لكل لتر .

المياه الناتجة من وحدات الطفو (المتخلفة عن الحمأة المتركرة) DAF under Flow يكون تركيزها من ٣٠ الي ٢٥٠ مجم / لتر مواد عالقة حسب درجة التكتيف التي تمت .



شكل ٣-٤ يبين وحدات معالجة الحمأة بالطفو عن طريق الهواء المذاب

مثال لأحد وحدات التكتيف بالهواء المذاب DAF

سوف نعطي مثالا لأحد وحدات التكتيف بالهواء المذاب المطبقة في احد مشاريع الصرف الصحي في احدي الدول العربية حيث تقوم هذه الوحدة بتكتيف الحمأة الواردة من المروقات النهائية والبيدات التالية تبين محددات التشغيل لتلك الوحدة :

- كمية الحمأة المنشطة الداخلة الي وحدة التكتيف ١٠٦٩٩٥٠٠ كجم يوم عند

درجة حرارة ٢٣ مئوية

- تركيز الحمأة المنشطة الداخلة ٣.٢ جرام / لتر

- معدل التدفق ٣٥٧.٥ متر مكعب / يوم

- كفاءة التركيز (التكتيف) ٩٠-٩٢ %

- مساحة وحدة الطفو ٣١٥ متر مربع

- الحمل الثقلي ٤,٧٦ كجم / متر مربع / يوم

- الكفاءة $38 - 38.2 \div 38 \times 100 = 91.07\%$

- المياه الناتجة من وحدات الطفو (المتخلطة عن الحمأة المتركرة) DAF under

Flow يكون تركيزها من ٣٠ الي ٩٠ مجم / لتر مواد عالقة.

- المياه الناتجة من وحدات الطفو (المتخلطة عن الحمأة المتركرة) تتجمع لتدخل

مجري الحمأة العائدة لحواض التهوية.

٣- التكتيف بالطرد المركزي

تستخدم أجهزة الطرد المركزي لتكتيف ونزع المياه من نفايات الحمأة المنشطة

وتتضمن ترسيب جسيمات الحمأة تحت تأثير قوى الفرز الطاردة.

وتقوم فكرة عمل أجهزة الطرد المركزي علي أن قوة الدوران السريعة للأجهزة

تقوم بأسراع عملية هبوط المواد الصلبة بالجاذبية. والطرد المركزي يحقق فصل

للمواد الصلبة عن المواد السائلة بمعدل أكثر من ألف مرة عن الترسيب العادي

بالجاذبية إذ يقتصر القوة المؤثرة في الترسيب العادي بالجاذبية عن الاختلاف بين

كثافة المواد الصلبة عن السائلة بينما تبلغ قوة الطرد المركزي من ٦٠٠-١٠٠٠

مرة من قوة الترسيب بالجاذبية (التثاقل) .

ومن هنا فكفاءة التكتيف بالطرد المركزي تكون أكبر من كفاءة التكتيف العادي

بالجاذبية وذلك لآثر قوة الطرد الناشئة عن الدوران في فصل المواد الصلبة عن

السائلة . وهناك نوعان أساسيان من الفرازات الطاردة هي الحوض الصلب والسلة

غير المثقبة.

تتألف الفرازة الطاردة ذات الحوض الصلب من حوض طويل أفقي ومتدرج من نهاية

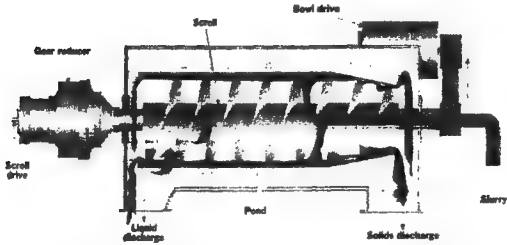
واحدة وتدخل الحمأة باستمرار وتتركز المواد الصلبة علي المحيط.

تتألف الفرازة الطاردة ذات السلة غير المثقبة من حوض عمودي ٨ إلى ١٠ في المائة

دوار يعمل بقطع . وتتجمع المواد الصلبة على حائط الحوض بينما يصفق السائل.

وتستخدم اجهزة الطرد المركزي لتكثيف الحماة الخام والحماة المهضومة بعد نكييفها بإضافة البوليمرات.

من مميزات التكثيف بقوة الطرد المركزي نسبة الرواسب الصلبة الكبيرة التي يمكن الحصول عليها بالمقارنة مع الطرق الاخرى ، ولكن من عيوبها استهلاكها الكبير للطاقة وحاجتها الدائمة للصيانة .



صورة لأحد اجهزة الطرد المركزي المستخدمة لتكثيف وتجفيف الحماة

الجنول التالي يبين كفاءة الطرد المركزي في معالجة الرواسب الصلبة المنتجة من وحدات معالجة الصرف الصحي.

جدول ٤-٤

كفاءة الطرد المركزي في معالجة الرواسب الصلبة

تركيز المواد الصلبة في الحماة المتكثفة Cake (الكيكة (%)	تركيز المواد الصلبة في الحماة المغذية (الخام) (%)	نوع الرواسب الصلبة
١٢-١٠	٨-٤	الحماة الابتدائية الغير مهضومة
٤٠-٢٥	٨-٤	الحماة الابتدائية الغير مهضومة المضاف اليها بوليمرات
٢٥-١٦	٤-١	الحماة المنصرفة الغير مهضومة المضاف اليها بوليمرات
٣٥-٢٥	٤-٢	(الحماة الابتدائية + الحماة المنصرفة الغير مهضومة) المضاف اليها بوليمرات
٢٥-١٦	٣-١,٥	(الحماة الابتدائية + الحماة المنصرفة المهضومة هضم هوائي) المضاف اليها بوليمرات
٣٢-٢٢	٤-٢	(الحماة الابتدائية + الحماة المنصرفة المهضومة هضم لاهوائي) المضاف اليها
٣٥-٢٥	٤-٢	الحماة الابتدائية المهضومة هضم لاهوائي المضاف اليها بوليمرات
٢١-١٨	٤-١	الحماة المنصرفة المهضومة هضم هوائي المضاف اليها بوليمرات
٢٥-٢٠	٦-٤	الحماة المهضومة هضم هوائي ذات المعدل الحرارة العالي
٢٨-٢٢	٦-٣	الحماة المهضومة هضم لاهوائي ذات المعدل الحرارة العالي
٢٨-٢٠	٦-٤	الحماة المثبتة بالجير
Source: Various centrifuge manufacturers: Ireland and Balchunas, 1998; Henderson and Schultz, 1999; Leber and Garvey, 2000.		

العوامل المؤثرة على التكتيف بالطرد المركزي

هناك بعض العوامل التي تؤثر على عمليات التكتيف بطريقة الطرد المركزي أهمها العوامل الآتية :

١- نوعية الحماة المراد تكتيفها

لا تستخدم لجهزة الطرد المركزي غالبا لتكتيف الحماة الابتدائية وذلك نظرا لكثافتها الكبيرة وتواجد بعض المواد كبيرة الحجم بها كالالياف والتي يمكن ان تحدث نخثر ثم انسداد داخل الاجهزة .والحماة الثانوية اكثر قبولا لتكتيفها في هذه الاجهزة لانها لا تحتوي على مواد ليفية او مواد كبيرة الحجم.

٢- عمر الحماة

لا يؤثر عمر الحماة علي كفاءة واداء عملية التكتيف بالطرد المركزي ، وايضا مشاكل الحماة كتضخم الحماة لا تؤثر علي هذه العمليات .

٤-٢-٢. ثانيا عمليات تثبيت الحماة

تثبت الحماة تمهيدا لتقليص محتواها من العوامل الممرضة وإزالة للروائح المزعجة وتخفيف أو إزالة احتمال التعفن .وتعرض الفقرات التالية بعض التكنولوجيات المستخدمة في تثبيت الحماة.

١- التثبيت بالجير

يضاف الجير إلى الحماة الغير معالجة في كميات مناسبة بغرض رفع الأس الأيروجيني إلى ١٢ أو أكثر. والهدف من ذلك قتل وإبادة الكائنات الحية الدقيقة الممرضة ، وبالتالي تخفيف أو إزالة احتمال التعفن وإنبعاث الروائح. وهناك طريقتان لإضافة الحماة إما قبل التجفيف أو بعد التجفيف، ويمكن استخدام إما الجير المائي أو الجير الحى فى تثبيت الحماة كما يمكن استخدام الفرماد (Fly Ash) و تراب مدخن الأسمنت (Cement Kiln Dust) كبديل للجير فى بعض الأحيان.

ويعطى التثبيت بالجبر بعد التجفيف مزايا هامة بالمقارنة بالتثبيت الجيسرى قبل التجفيف ومنها:-

١. يمكن استخدام الجبر الجاف وبذلك لا تحتاج إلى إضافة المزيد من الماء إلى الحمأة الجافة.

٢. لا يوجد أى احتياجات خاصة للتجفيف.

٣. التخلص من مشاكل القشور (scaling) وصيانة معدات تجفيف الحمأة بالجبر.

وتتراوح كمية الجبر المضافة من صفر إلى ١٠ % من وزن المواد الصلبة في الحمأة.

٢- التثبيت بكلوريد الحديدك

يضاف إلى الحمأة كثير من المواد الكيميائية وذلك بغرض تحسين خواصها وتثبيتها (زيادة قابليتها للتشريح في آلات التجفيف بطريقة خلطة الهواء ، ومن أمثلة تلك الكيماويات ، حمض الكبريتيك والشبة مسحوق العظم ، إلا أن أكثر المواد استعمالاً حالياً هو كلوريد الحديدك.

وقد يتم استخدام كلوريد الحديدك فقط في تثبيت الحمأة أو يكون مصاحباً للجبر في عملية التثبيت . وغالباً يتم ذلك بإضافة الجبر وكلوريد الحديدك إلى الحمأة في أحواض خاصة لمدة عشرون دقيقة تنتقل بعدها الحمأة إلى المرشحات لتجفيفها . وتتراوح كمية كلوريد الحديدك المضافة من ٣ إلى ١٠ % من وزن المواد الصلبة في الحمأة.

ومن الفوائد الهامة لإضافة كلوريد الحديدك إلى حمأة الصرف الصحي أنه يتم إضافته إلى الحمأة القادمة من وحدات التكثيف قبل دخولها الهاضمات اللاهوائية ليتم تقليل بالاختزال الكميات الناتجة من غاز كبريتيد الهيدروجين (يمكن لغاز كبريتيد الهيدروجين المتراكم أن يتأكسد حيويًا داخل الشبكات ويتحول إلى حامض

الكبريتيك والذي يسبب تآكل لمواسير الغلايات التي تسخن أحواض التخمر وكذلك جميع المواسير التي تمر بها الحمأة بعد ذلك).

٣- التثبيت بالمعالجة الحرارية

خلال هذه العملية، تعالج الحمأة بتسخينها في وعاء ضغط لتصل إلى حرارة من ١٩٠ - ٢٦٠ درجة مئوية و ضغط ١,٥ ميجاباسكال لمدة تتراوح بين ٣٠ إلى ٤٥ دقيقة ويؤدي تعريض الحمأة لهذه الظروف إلى تحلل المركبات البروتينية وإتلاف الخلايا وإطلاق المركبات العضوية القابلة للنويان والنترجين . وتسهم هذه العملية أيضاً في تكيف الحمأة، بما أن النشاط الحراري يطلق المياه المقيدة ويؤدي إلى تفتت المواد الصلبة . وتحتوي المياه المتخلفة عن تسخين وضغط الحمأة على كثير من المواد العضوية الذائبة التي تحتاج للتثبيت ومن ثم فإنه قد يتم تثبيتها في أحواض الأكسدة البيولوجية.

والجدير بالذكر ان عملية تسخين الحمأة من العمليات الغير شائعة لارتفاع تكاليف الطاقة المستخدمة في التسخين ، ووجود بعض المشاكل الناتجة عنها مثل تآكل وصدا المعدات بعد فترة من التشغيل.

٤- التثبيت بالهضم اللاهوائي

تتضمن هذه العملية الاختزال اللاهوائي للمواد العضوية في الحمأة عبر نشاط بيولوجي . ويمكن استرجاع الميثان المنتج وإعادة استخدامه للتسخين والحرق . وهناك خمسة أنواع من الهاضمات اللاهوائية للشائعة الاستخدام هي :

أ- المعدل العادي.

ب- المعدل المرتفع.

ت- الهضم في مرحلتين.

ث- الهضم المنفصل.

ج- الهضم الحراري .

والجدول التالي يبين الأنواع الخمسة الشائعة من الهاضمات اللاهوائية

جدول ٤-٥

الهاضمات اللاهوائية الشائعة الاستخدام

نوع الهاضم	وصف الهاضم
المعدل العادي	تتضمن هذه العملية من مرحلة واحدة، تتم فيها عمليات الهضم والتكثيف وتشكيل الطفو. وتضاف الحماة الخام إلى منطقة الهضم الناشط حيث يسخن بمصدر خارجي. ويحافظ على ظروف معتدلة حرارياً في المفاعل، ويرتفع الغاز الناتج من العملية إلى السطح حاملاً معه الشحوم والزيوت.
المعدل المرتفع	في هذه العملية، تكون حمولة المواد الصلبة أكبر من عملية المعدل العادي، وتمزج الحماة عبر تمرير الغاز والضغط والمزج الميكانيكي
الهضم في مرحلتين	تتضمن هذه العملية خزانين، يستعمل الأول للهضم وفيه معدات للتسخين والمزج، ويستعمل الثاني لتخزين وتكثيف الحماة المهضومة وتشكيل طفو صاف.
الهضم المنفصل	هذه عملية حديثة نسبياً وتتضمن الهضم المنفصل للحماة الأولية والحماة البيولوجية.
الهضم الحراري	يكون الهضم على حرارة تتراوح بين ٤٩ و ٥٧ درجة مئوية. وتختص هذه العملية بمعدل هضم سريع وإتلاف كبير للبكتيريا ونزح مياه محسنة للحماة، غير أنها تستهلك الكثير من الطاقة وتنتج طفواً ذا نوعية سيئة وتبعث الروائح.
المصدر: مقتبس من : Liu and Liptak	

٥- التثبيت بالهضم الهوائي

يُشبه الهضم الهوائي عملية الحماة المنشطة، إذ يشمل أكسدة مباشرة للمواد القابلة للتحلل الحيوي والخلايا الميكروبية في خزانات مفتوحة لمدة طويلة من الزمن. وتكون التهوية إما طبيعية أو باستخدام مٌهَوِّيات ميكانيكية. ويستحسن استخدام هذه العملية، مثلاً، لمعالجة نفايات الحماة المنشطة.

ونستخدم طريقة التثبيت الهوائي للحماة في محطات المعالجة الصغيرة والمتوسطة ، واستخدام هذه الطريقة في المحطات الكبيرة غير اقتصادي لان الحماة تحتاج الي التهوية لعدة ايام ويحتاج ذلك الي أحواض تهوية كبيرة الحجم ذات مبدلت كبيرة ، حيث ان تهوية الحماة تنك بنفس طريقة الحماة المنشطة ، والبكتريا الهوائية تعمل علي أكسدة وتنشيط المواد العضوية بمساعدة الخلط والتقليب في الأحواض ووجود أكسجين ذائب في المياه .

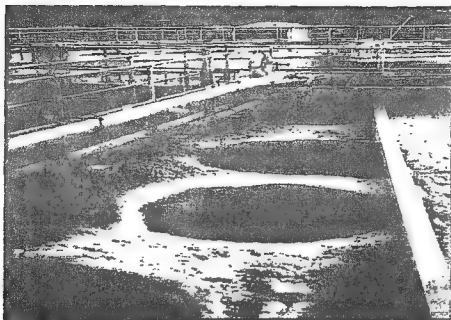
في حالة استخدام هذه الطريقة في تثبيت الحماة المنصرفة من أحواض الترسيب الابتدائي والنهائي معا ، فحتاج الي تهوية لمدة ١٥ الي ٢٥ يوم لأكسدة ما بها من مواد عضوية ، يمكن بعدها تجفيف الحماة بسهولة وبدون مشاكل الرائحة .

غالباً يستخدم التثبيت الهوائي لمعالجة الحماة في الحالات الآتية :-

١. الحماة الناتجة من طريقة الحماة المنشطة التقليدية أو المرشحات البيولوجية
٢. خليط من الحماة الناتجة من الحماة المنشطة التقليدية و المرشحات البيولوجية وأحواض الترسيب الابتدائي
٣. الحماة الناتجة من طريقة الحماة المنشطة التقليدية والتي ليس بها أحواض ترسيب ابتدائي .

٤. الحماة الناجمة عن محطات التهوية الممندة المصممة دون ترسيب أولي .

ولهذه العملية محاسن عدة بالمقارنة مع الهضم اللاهوائي، وخاصة لإنتاجها مادة ثابتة حيويًا واسترجاعها لمعظم قيمة السماد في الحماة ومسهولة تشغيلها وكلفة إنشائها متوسطة وفي المقابل، يتسم تشغيل هذا النوع من الهاضمات بتأثير العملية كثيرًا بالحرارة والموقع ونوع الخزان.



صورة تبين احد مشاريع مياه الصرف بنظام الهضم الهوائي

٤-٢-٣. ثالثا تكيف الحمأة

يتضمن التكيف معالجة الحمأة كيميائياً وفيزيائياً لتطوير خصائص نزع المياه. ومن أكثر طرق التكيف شيوعاً إضافة المواد الكيميائية والمعالجة الحرارية. ومن الطرق الأخرى للتكيف للتجميد والتشيع.

١- التكيف الكيميائي للحمأة

تعتبر عملية تجهيز وتكيف الحمأة للتجفيف باستخدام الكيماويات عملية اقتصادية لما لها من عائد كبير ومرونة في الاستخدام إذ يساعد على خفض الرطوبة في الحمأة من ٩٠-٩٩ في المائة الي ٦٥-٨٥ في المائة ، وذلك عن طريق تخثير الجوامد الصلبة وإطلاق المياه الممتصة.، ويرافق التكيف الكيميائي الأنظمة الميكانيكية لنزع المياه من الحمأة مثل التجفيف بخلطة الهواء (vacuum filtration) وبآلة الطرد المركزية centrifugation وبالمرشحات.

وتستخدم هذه العملية المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية، ومن أكثر المكثفات غير العضوية استعمالا كلوريد الحديدك والكلس . فكلوريد الحديدك يكون، عند إضافته، مركبات أيونية مذابة ذات شحنة موجبة تعادل الجوامد (المواد الصلبة) ذات الشحنة السالبة في الحمأة، مما يؤدي إلى تجمعها . ويتفاعل كلوريد الحديدك أيضاً مع البيكربونات القلوية في الحمأة، منتجاً الهيدروكسيد المساعد على التلبد؛ والكلس الذي يُستخدم عادة مع أملاح الحديد، يتفاعل مع الحمأة منتجاً كربونات الكالسيوم، مما يزيد مسامية الحمأة ويقلل انضغاطها.

ومن وسائل التهيئة الكيميائية أيضاً استخدام البوليمرات العضوية ، والبوليمرات عموماً مركبات طويلة السلاسل تنوب في الماء لتشكل محلولاً متغير اللزوجة على شكل محلول حيث يلتصق البوليمر الذائب بسطوح دقائق الحمأة مما يؤدي إلى ترابطها و تكتلها، كما يقود أيضاً إلى تعادل الشحنات على سطوح دقائق الحمأة . وتستخدم البلمرات عادة في التجفيف بقوى الطرد المركزية أو بالمرشحات السيرية (belt press) ولكنها تستخدم بمعدل أقل في الترشيح بالضغط أو الترشيح التفريغي، حيث تستخدم عادة كميات من كلوريد الحديدك والجير من أجل تجهيز الحمأة قبل التجفيف بالترشيح التفريغي.

اعتبارات هامة لاستخدام الكيماويات في تكييف الحمأة

إضافة الكيماويات إلى الحمأة يمكن أن يزيد من حجم المواد الصلبة وذلك حسب نوع الكيماويات البوليمرات مثلاً لا تزيد في حجم المواد الصلبة بنسبة عالية، بينما يمكن لأملاح الحديد والجير زيادة المواد الصلبة الجافة بنسبة ٢٠-٣٠% والأسهل أن يتم تحديد كميات وإضافة الكيماويات في شكل سائل وتستخدم أحواض خاصة لإزالة الكيماويات في حالة استلامها في شكل بوردرة وفي معظم المحطات يجب أن تستوعب هذه الأحواض الكيماويات التي تحتاجها المحطة خلال لمدة يوم عمل واحد على الأقل ويجب أن يتواجد خزانات بديلة وتكون مصنعة أو مبطنة بمادة ضد

التآكل. ومن المواد المناسبة لتبطين الأحواض والمواسير التي تستقبل الأحماض البوليفينيل كلورايد والبولي إيثيلين والمطاط. ويجب أيضاً أن تكون المضخات مصنوعة من مادة مقاومة للتآكل وعادة تكون هذه الطلمبات من نوعية الدفع الإيجابي للتحكم في سرعة ومعدلات التدفق.

وينبغي الخلط الجيد للحمأة مع المروب بحيث لا يفسد النذف الهلامي (floc) بعد تكوينه وينبغي أيضاً أن يبقى زمن الاستبقاء أقل ما يمكن حتى تصل الحمأة إلى وحدة التجفيف بعد التجهيز مباشرة.

٢- التكيف الحراري

تتضمن هذه العملية تسخين الحمأة لغاية ١٢٠ - ٢٤٠ مئوية في مفاعل بضغط ١٧٢٠-٢٧٦٠ ألف نيوتن لكل متر مربع ولمدة تتراوح بين ١٥ الي ٤٠ دقيقة وتؤدي الحرارة إلى تخثير الجوامد الصلبة وتحليل تركيبها الغرواني وخفض ميل الحمأة للمياه بالإضافة الي قتل الكثير من الكائنات الدقيقة الممرضة المتواجدة بالحمأة ، بحيث تنتج حمأة مطهرة ودون رائحة ومنزوعة المياه. غير أن المسائل الطافي من وحدة المعالجة الحرارية قد يحتاج إلى معالجة خاصة قبل تحويله إلى مجرى المياه العادمة بسبب ارتفاع المحتوى العضوي اذ ترتفع قيمة الاكسجين الحيوي المستهلك لهذه المياه. ويعتبر التكيف الحراري للحمأة من وسائل تطهير الحمأة الا انه يعد من الطرق المكلفة اقتصاديا لارتفاع تكاليف الطاقة المستخدمة في التسخين.

٤-٢-٤. رابعاً التجفيف ونزع الماء من الحمأة

يمكن استخدام طرق عدة لنزع المياه من الحمأة وتجفيفها ، ويتعلق اختيار التقنية بخصائص الحمأة والمساحة المتاحة ومتطلبات الصرف النهائي . وعندما تتوفر مساحة الأرض اللازمة وتكون كمية الحمأة صغيرة، تصبح الأنظمة الطبيعية لنزع

المياه الأكثر ملائمة . أما الأنظمة الميكانيكية فتضم المرشح الخوائي، والفرزاة النابذة (الطرد المركزي)، ومكبس الترشيح، ومكبس الترشيح الحزامي.

وهناك أربع طرق شائعة للتجفيف وهي كالآتي

- ١ - التجفيف علي اسطح من الرمال Sand Sludge Drying Beds
- ٢ - التجفيف بمكبس الحماة في قوالب Sludge Pressing in Cakes
- ٣- التجفيف بخلخلة الهواء Vacuum Filtration
- ٤- التجفيف بالمرشحات المضغوطة Belt press Filters
- ٥- التجفيف بقوة الطرد المركزية Centrifugal Sludge Drying
- ٦- التجفيف بمرشحات الألواح المرصوفة المجوفة (Filter press)

١ - التجفيف علي اسطح من الرمال Sand Sludge Drying Beds

تستخدم أحواض التجفيف كبديل لكثير من طرق تجفيف الحماة في حالة الحماة المخمرة فقط وذلك لان إستخدامها للحماة الغير مخمرة (الغير معالجة) أو الحماة الجيرية أو الحماة المحتوية علي نسبة سائل مرتفعة فسينتج عنها روائح كريهة. وبعد التجفيف، تصرف الحماة في مدفن للقمامة أو تستعمل مكيفاً للتربة . ويتضمن الجدول التالي الأنواع المختلفة لأحواض تجفيف الحماة.

جدول ٤-٦

الأنواع المختلفة لأحواض تجفيف الحماة

أحواض التجفيف	وصف العملية
أحواض التجفيف الرملية التقليدية	تتكون أحواض التجفيف الرملية التقليدية من طبقة من الرمل الخشن فوق قاع من الحصى المدرج تمر فيه أنابيب مثقوبة للتصريف. وتوضع الحماة على الحوض وتترك لتجف بالتبخر والصرف، وتزال الحماة الجافة يدوياً.
أحواض التجفيف المرصوفة	تشبه أحواض التجفيف المرصوفة الأحواض التقليدية في نظام الصرف . وهناك نوعان من هذه الأحواض : نوع التصريف

أنواع التصفيق، فالنوع الأول يتضمن تحريك الحماة لتسهيل نزع المياه وتستخدم محمكة أمامية لنزع الحماة، والنوع الثاني أحواض مرصوفة غير نافذة ومنخفضة الكلفة. ويجري تصفيق السائل الطافي وتحريك الحماة لتحسين التبخر.	
تبنى هذه الأحواض من وسائل اصطناعية كالقوالب الغير قابل ننسدا والبولي يوريثان. ويجري التحكم بعملية الصرف عبر صمام في المخرج، بحيث تحسن عملية نزع المياه.	أحواض الأسلاك الاسفنجية
في هذا النظام، تسرع عمليتا نزع المياه والتجفيف عبر تدريع الجهة السفلية للمراشح المسامية.	تجفيف معزّز بالتدريع
Qasim, S.R., Wastewater treatment plants: planning, design and operation. c2 ed. Lancaster, Pennsylvania Technomic Publishing Company, 1999.	

أحواض التجفيف

ويلزم لاعداد أحواض التجفيف توفير مساحة من الأرض يتراوح كل منها من ٥ الى ١٠ متر مربع ويتراوح عمقها من متر الي متر ونصف وتزود الأحواض بشبكة من مواسير الصرف المفتوحة الوصلات في القاع ، وتغطي هذه المواسير بطبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ الي ٤٠ سم ويكون قطر الزلط من ١ سم الي ٥ سنتيمترات - يعلوها طبقة من الرمل بارتفاع خمسة وعشرون سنتيمترا وتوزع الحماة علي هذه الأحواض من قنوات يرتفع قاعها عن سطح الرمل بما لا يقل عن خمسة وثلاثون سنتيمترا وتزود بالبوابات اللازمة علي جوانبها ويراعي عدم انقاع المياه بشدة فوق سطح الرمل حتي لا تسبب الحماة نحر لطبقة الرمل . والطريقة المتبعة في تجفيف الحماة علي هذه الأحواض هي ان تفرد الحماة في هذه الأحواض باعماق ٤٥ - ٦٠ سنتيمترا علي ان تترك اسابيع او شهور لتجف بفعل عاملين اساسيين وهما :-

١. تبخر جزء من الماء بفعل الشمس وحرارة الجو (وهذا يعتمد علي المناخ ودرجة الحرارة عموما) .

٢. تسرب جزء من المياه خلال الرمل والزلط الي شبكة مواسير الصرف وهذه المياه تكون شديدة التلوث ، ولذا يجب رفعها الي أحواض الترسيب الأبتدائية أو الي أحواض التهوية لتمر خلال عمليات ومراحل للمعالجة لتختلط بالمخلفات السائلة وتخرج معها بعد معالجتها .

ويفضل أستعمال احواض التجفيف في المناطق التي تتوافر فيها مساحات الأرض بتكاليف قليلة وعندما يكون الجو حار وجاف وقليل الأمطار .

ومصر من المناطق الملائمة لأستعمال احواض التجفيف كمرحلة نهائية للتخلص من الحمأة وتعتبر هذه الطريقة اقل تكلفة من طرق كثيرة اخري مثل التجفيف بالضغط او التفريغ او بالقوة الطاردة المركزية وكل ذلك يعتمد علي مأكينات غالية الثمن وتحتاج لصيانة مكلفة ، بالرغم من ذلك تضطر البلاد الباردة والممطرة السي استعمال تلك الطرق معظم شهور السنة لارتفاع ثمن الأراضي وانخفاض درجة الحرارة .

وبالنسبة للمناطق التي ترتفع فيها درجات الحرارة يفضل نشر للحمأة علي هذه الأحواض باعماق صغيرة لا تتجاوز العشرة سنتيمترات وذلك لمنع توالد الذباب قبل تمام جفاف الحمأة ، وتترك الحمأة لتجف عن طريق البخر وتسرب الماء خلال الرمل لمدة لا تزيد عن خمسة ايام صيفا وعشرة ايام شتاء - ثم يعاد نشر كمية اخري من الحمأة في الحوض وهكذا الي ان يصل العمق الكلي للحمأة الي ثلاثون سنتيمترا ومن ثم تزال لاعادة أستعمال الحوض مرة اخري ، علي انه يجب تغطية الحوض بطبقة جديدة من الرمال بعد مضي خمسة ايام من نشرها للحد من توالد الذباب حتي تمام التجفيف ولهذه الطريقة فائدتين

- موت يرقات الذباب الذي يتوالد في كل منطقة نتيجة غمره بالطبقة الجديدة من الرمال مما يسبب اختناقها .

- تخمير المواد العضوية في الحمأة تدريجياً مما ينتج عنه انعدام الرائحة في الحمأة بعد تجفيفها .

المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة

تتوقف المساحة علي:

- أ- كمية الحمأة.
- ب- نسبة المياه فيها.
- ت- درجة حرارة الجو.
- ث- طريقة نشر الحمأة في أحواض التجفيف.



شكل ٤-٤ مخطط لأحواض تجفيف الحمأة

العوامل التي تؤثر علي كفاءة أحواض التجفيف

هناك العديد من العوامل المؤثرة علي كفاءة عملية التجفيف بعضها خاص بطبيعة الحمأة نفسها والبعض الآخر علي حالة الطقس الموجود فيها أحواض التجفيف بالإضافة الي عوامل خاصة بتشغيل أحواض التجفيف وتتخلص معظم العوامل في الآتي:

- أ- نوع الحمأة : بعض جزيئات الحمأة تكون متماسكة بما تحتويه من ماء وفي مثل هذه الحالة تقل سرعة الترشيح ويعتمد علي البخر في التجفيف بعكس

عندما تكون جزيئات الحمأة منفصلة عن الماء فتجف الحمأة بسرعة في فترة اقل.

ب- حالة الجو : تزداد كفاءة أحواض التجفيف في الجو الجاف والحر وتقل كفاءة التجفيف في الجو الممطر والبارد.

ت- عمق طبقة الحمأة علي حوض التجفيف فكلما ازداد عمق طبقة الحمأة تقل درجة جفافها لعدم تعرض جميع الجزيئات للشمس والهواء وازيادة كفاءة احواض التجفيف في هذه الحالة يجب تقليب الحمأة يدويا أو ميكانيكا لسرعة تجفيفها .

ث- د- تعتمد كفاءة أحواض التجفيف علي طريقة جمع الحمأة فمن الممكن استعمال طرق جمع ميكانيكية لزيادة كفاءة تشغيل أحواض التجفيف .

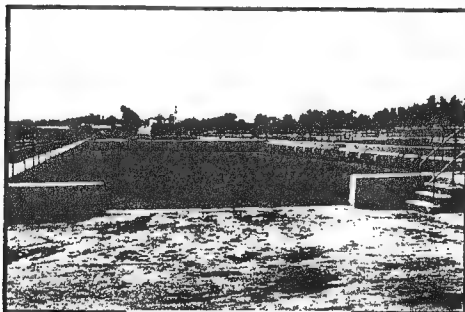
طريقة تشغيل أحواض التجفيف

- ١- يجب العمل علي تسوية سطح الحوض قبل سحب الحمأة.
- ٢- يجب ان تكون لكل حوض عدة فتحات للدخول حتي يكون عمق الحمأة متساوي علي السطح .
- ٣- يجب ان يمنع النحر الذي يحدث عند اصطدام الحمأة بسطح طبقة الرمل وذلك بوضع بلاطة عند كل مدخل للحوض تسقط عليها الحمأة قبل انتشارها .
- ٤- أحواض التجفيف مصدر لتكاثر الذباب بالاضافة الي الروائح الكريهة لذلك اتبع نظام اضافة طبقة ملائمة كل ٤ الي ٦ ايام لقتل يرقات الذباب قبل اكتمال دورة نمو الذباب.
- ٥- اعمل علي تقليب طبقة الحمأة بصفة دورية حتي يتم تعريض الطبقات السفلي للشمس والهواء لسرعة للتجفيف.
- ٦- يجب رفع الحمأة الجافة عندما تصل درجة الرطوبة ٧٠ في المائة أو قل حيث ان عملية جمعها عندما تجف أكثر من ذلك يصاحبها كثير من التراب ومن الخبرة يمكن ملاحظة ان بدأ ظهور شقوق في طبقة الحمأة تكون علامة علي جفافها .

٧. يلاحظ ان هناك طبقة من الرمل يفقد في كل مرة تجمع فيها الحمأة بالاضافة الي الانسداد التدريجي الذي يحدث في طبقة الرمل بعد فترة من الاستعمال فلزيادة كفاءة تشغيل أحواض التجفيف يجب إحلال طبقة الرمال بصفة دورية بطبقة رمل جديدة تساعد في سرعة الترشيح.

٨. الحمأة الجافة التي تم تجميعها من علي أحواض التجفيف غير صالحة للاستعمال كسماد إلا بعد تشوينها في اماكن بعيدة عن المساكن حتي يتم نضجها بواسطة عمل البكتريا وتصبح متجانسة ، فالحمأة الغير ناضجة تكون غير متجانسة في اللون أو الملمس ويلزم لتركها فترة لكي تقوم البكتريا بعملها ويجب ملاحظة ان تفاعل البكتريا مع الحمأة قد يولد حرارة كافية لاشعال حريق ولذلك يجب تخزين الحمأة في اماكن بعيدة عن المساكن أو المخازن .

٩. من الضروري مراعاة غسل خط الطرد الذي يحمل الحمأة المركزة حتي لا يتعرض للانسداد كذلك يجب مراعاة ان صمامات طرد الغازات تعمل لا تسبب الغازات المتولدة بفعل البكتريا من تكسير المواسير .



صورة لأحد أحواض التجفيف

اسس تصميم أحواض التجفيف

- توزع الحمأة على ثلاث طبقات سمك الطبقة الواحدة من ١٠ — ١٥ سم .
- مدة المكث (الفترة الزمنية لطبقة الحمأة قبل غمرها بطبقة أخرى) من ٤ إلى ٧ أيام — مساحة حوض التجفيف الواحد (١٥٠ — ٢٠٠) متر مربع.
- يتم إنشاء طرق بين الأحواض لزوم تفريغ وتحميل الحمأة .
- يتم إعادة مياه التصريف إلى أحواض الترسيب الابتدائية أو الي مدخل أحواض التهوية .

امثلة عن حساب مساحات أحواض التجفيف

مثال ١

إذا فرض ان الحمأة تنتشر علي حوض التجفيف مرة كل سبعة أيام علي طبقات سمكها عشرة سنتيمترات ، فاحسب المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة المجمعة إذا علمت الآتي :

كمية الحمأة المجمعة = ١٠ متر مكعب / يوم

إذا المساحة اللازمة = ١٠ / ٠,١ = ١٠٠ متر مربع / يوم

ولما كانت الحمأة تنتشر علي نفس الحوض مرة كل اسبوع

إذا المساحة الكلية = ٧ × ١٠٠ = ٧٠٠ متر مربع

مثال ٢

اوجد المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائي لمدينة سكنية يبلغ سكانها ٣٠٠٠٠٠ نسمة.

كمية الحمأة = لتر واحد / شخص / يوم = ١ / ١٠٠٠ متر مكعب / شخص / يوم

كمية الحمأة الكلية = ٣٠٠٠٠٠ × ١ / ١٠٠٠ = ٣٠٠ متر مكعب / يوم

سمك طبقة الحمأة = ٧ سم = ١٠٠/٧ = ١٠,٧ متر

المساحة اللازمة في اليوم = ٣٠٠ / ١٠,٧ = ٢٨٥ متر مكعب / متر / يوم =

٢٨٥ متر مربع يوم

إذا المساحة الكلية =

٢٨٥ × ٧ = ٢٩٩٥ متر مربع اي حوالي ٣٠ ألف متر مربع.

برك الأكسدة

وهي من الطرق التي تستخدم لتركيز وتخزين ومعالجة الحمأة وتتطلب هذه الطريقة توفير مساحة الأرض اللازمة لعمل البركة وكذلك دراسة خصائص مياه الصرف الصحي والأحوال الجوية . ويصل سمك الحمأة في البرك من ٠,٨ - ١,٥ متر ويترك ليزداد تركيز المواد الصلبة بالتبخر وبعدها يتم التخلص من المواد الطافية على سطح البركة بالكشط ويُعاد إلى المحطة وبعدها يتم جمع الحمأة بطرق ميكانيكية عندما يصل تركيزها الي ٣٠ % وقد يتم ذلك علي مدي اشهر وقد يتطلب عامين علي الاكثر للدوة الواحدة حسب الظروف المناخية ومعدل التبخر من سطح البركة . ومن عيوب برك الأكسدة لانتشار الروائح الكريهة والذباب حول هذه البرك لذا يفضل انشاءها بعيدا عن العمران في الظهير الصحراوي للمدن . ومن مميزاتها انخفاض تكاليف التشغيل والصيانة وندره الاعطال ومشاكل.

٢ - التجفيف بكبس الحمأة في قوالب Sludge Pressing in Cakes

ويتم لتجفيف بهذه الطريقة بترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المنسجي ، تنفذ منه المياه ويبقى الرواسب علي شكل قوالب فيما بين طبقتين القماش . علي انه يجب رفع المياه المترسبة من القماش الي أحواض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات وذلك لشدة تلوثها.

والمرشح المستعمل يتكون من مجموعة من الاقراص المربعة المعدنية المجوفة علي ان يوضع القماش فيما بينها ، وباحد اركان كل قرص ثقب دائري متصل بالفراغ - داخل القرص بفتحة صغيرة - فاذا ما ضمت هذه الاقراص علي

بعضها تكون مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحماة لتدخل منها خلال الفتحات الي التجويف داخل الاقراص - وتحت الضغط ينفذ الماء خلال القماش فيخرج من فتحة اخري في القرص الي ماسورة المخرج .
ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة ان يسبقها معالجة كيميائية للحماة بان يضاف اليها من ٣ الي ٥ % من وزنها جير ، كما يلزم ان يصل الضغط الي حوالي ٧,٥ كيلوجرام لكل سنتيمتر مربع .

٣- التجفيف بخلخلة الهواء Vacuum Filtration

ويستخدم فيها مرشح خاص بذلك وهو عبارة عن أسطوانة معدنية متعبة الجدار ومغلقة بطبقة من اللباد ومقسمة الي قطاعات مستقلة عن بعضها ، وتلف الأسطوانة حول محورها الأفقي بحيث يكون جزئها الأسفل مغمورا في حوض الحماة .
وبواسطة خلخلة الهواء من داخل القطاعات في الجزء الأسفل من الأسطوانة تلتصق المواد الصلبة بجدار اللباد بينما تخترق السوائل هذا الجدار ، وتبقى المواد الصلبة ملتصقة بجدار الأسطوانة أثناء دوراتها .

وتستمر خلخلة الهواء من داخل القطاعات المختلفة للأسطوانة حتي اذا قارب كل قطاع نهاية دورة كاملة . وقبل ان يعود الي الاتغماس الي داخل الحماة الموجودة في الحوض - يتم وقف عملية خلخلة الهواء داخله ويدفع فيه هواء تحت ضغط بسيط ليقل التصاق الرواسب بالسطح اللبادي للأسطوانة ومن ثم يسهل إزالة طبقة الرواسب من علي سطح الأسطوانة بواسطة آلة كاشطة حادة مثبتة بطول الأسطوانة.

وتحتوي الرواسب المزالة علي حوالي ٧٥ % من وزنها ماء وهي احد قصور هذه الطريقة ، حيث يلزم لنجاحها معالجة الحماة باحد المرويات مثل كلوريد الحديدك بنسبة ٦ - ٨ % من وزن الرواسب الموجودة في الحماة .

وهذه الطريقة عموما تظل قاصرة علي الكميات الصغيرة والمتوسطة من الحماة.

٤- التجفيف بالمرشحات المضغوطة (المرشحات الحزامية) Belt press

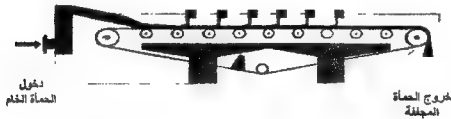
Filters

تعمل المرشحات السيرية على تجفيف الحمأة بطريقة التغذية المستمرة باستخدام المعالجة الكيميائية (التجهيز الكيميائي) والتصريف بالجاذبية والضغط الميكانيكي. وفي معظم المرشحات السيرية ما يتم إدخال الحمأة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية حيث يتم تخزينها وفي هذه المنطقة (الوحدة)، يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية.

وفي بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (vacuum) الذي من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة ويلى هذه المرحلة إدخال الحمأة فى وحدة ضغط منخفض يليها وحدة ضغط عالى حيث تتعرض الحمأة إلى قوة سطحية (Shearing force) عندما تمر السيور خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة.

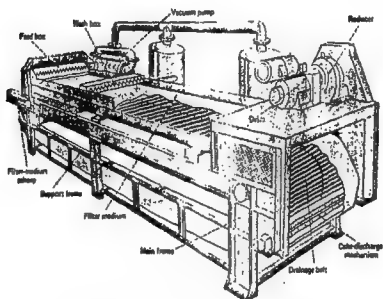
وبذلك فإن القوة السطحية وقوة العصر يماعدان فى التخلص من كميات إضافية من المياه.

ويتم إزالة قوالب الحمأة النهائية المخففة من على السيور من خلال شفرات كاشطة.



شكل ٤-٥ مرشح حزامي لتجفيف الحمأة

ويتكون نظام المرشحات السيرية غالباً من عدة أجزاء: مضخات تغذية الحمأة - معدلت تغذية البلمرات-حوض تجهيز الحمأة - مرشح سيرى - سيور لتحريك الحمأة المجففة - أجزاء مساعدة (مضخات المياه-هواء مضغوط).



صورة لأحد المرشحات السيرية الأفقية

مكبس المرشح الحزامي

يستخدم مكبس الترشيح الحزامي حزاماً واحداً أو حزامين متحركين لنزح المياه من الحمأة باستمرار. وتتضمن العملية أربع مراحل أساسية هي : منطقة للتكثيف البوليمري، ومنطقة التصريف الثقلي، ومنطقة الضغط المنخفض ومنطقة الضغط المرتفع.

جدول ٤-٧

المراحل التشغيلية لمكبس الترشيح الحزامي

وصف المرحلة	مرحلة الترشيح
تتضمن خزانا قرب المكبس واسطوانة دوارة ملتصقة بالمكبس أو محقنة مستقيمة.	منطقة التكيف البوليمري
تتضمن حزاماً مسطحاً أو مائلاً بدرجة صغيرة، وتركز الحماية عبر التصريف الثقلي للمياه الجارية، ويمكن تعزيز هذه العملية بالتفريغ.	منطقة التصريف الثقلي
هي المنطقة التي يلتقي فيها الحزام العلوي مع الحزام السفلي وتكون الحماية بين الحزامين. وتحضر هذه المنطقة الحماية بحيث تستطيع تحمل قوى القص في منطقة الضغط المرتفع.	منطقة الضغط المنخفض
في هذه المرحلة، تبذل حركة الحزامين العلوي والسفلي قوى على الحماية خلال مرورها عبر مجموعة من الاسطوانات المتناصبة القطر وتزرع الحماية المنتجة باستخدام ريش كشطة.	منطقة الضغط المرتفع

مكبس الترشيح

تنزح المياه في مكبس الترشيح تحت ضغط الحماية ومن محاسن هذه العملية التركيز المرتفع لكتلة الحماية، وصفاء الرُشاحة، وأسر كمية كبيرة من المواد الصلبة غير أن النظام يتسم بالتعقيد الميكانيكي وارتفاع كلفة التشغيل، ومكابس الترشيح الشائعة الاستخدام هي على حجمين: الحجم الثابت والحجم المتغير.

ويتكون مكبس الترشيح ذو الحجم الثابت من مجموعة ألواح مستطيلة مُسندة وجهها لوجه في وضعية عمودية على قماش مرشح معلق فوق كل لوح، وتضخ الحماية المكثفة في الفراغ بين الألواح وتعرض لضغط مرتفع لمدة تتراوح بين ساعة وثلاث

ساعات، بحيث يخرج السائل عبر القماش وفتحات الخروج في الألوآح . وبعد ذلك، تفصل الألوآح وتزرع الحمأة . ويشبه مكبس الترشيح المجوّف ذو الحجم المتغيّر المكبس ذا الحجم الثابت مع فارق واحد هو أنّ غشاءً مطاطيًا يوضع بين الألوآح لخفض حجم كتلة الحمأة خلال الضغط.

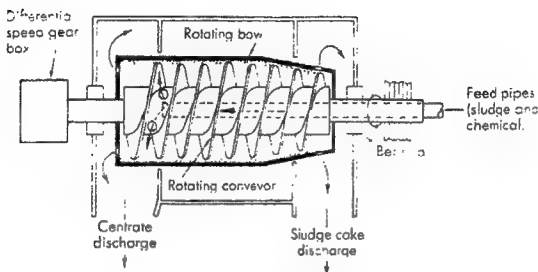
٥- التجفيف بقوة الطرد المركزية Centrifugal Sludge Drying

يستخدم هذا الأسلوب من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ولتنخين الحمأة وإزالة المواد الصلبة، حيث تستخدم قوة الطرد المركزي لتسريع معدل الترسيب وفصل الماء، والآلات التي تستخدم في التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلب أو اسطوانة ذات جدران مسامية.

أ- آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب) Solid Bowl Centrifuge

في داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء للدوار بالحمأة بمعدل ثابت حيث تنفصل إلى قالب (cake) كثيف يحتوي على المواد الصلبة وسائل مخفف. هذا السائل يحتوي على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى وحدات معالجة مياه الصرف. أما قالب الحمأة الذي يحتوي على نسبة ٧٠-٨٠ % من الرطوبة فيتم إخراجها من الوعاء من خلال مصفاة (Screen seeder) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى سيور ناقلة.

وتناسب آلة الطرد المركزية هذه مع تطبيقات عديدة في تجفيف الحمأة وتتيح الوحدة تجفيف الحمأة بدون أى معالجة كيميائية سابقة ولكن التجهيز بالبلمرات يؤدي إلى تحسين جودة الحمأة المجففة والوسائل المخفف.



شكل ٤-٦ آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب)

ب- آلة الطرد المركزية ذات الأسطوانة ذات الثقوب (Imperforated Basket Centrifuge)

يستخدم هذا النوع من الآلات بالذات في الوحدات الصغيرة الحجم، ويمكن استخدامها لتركيز وتجفيف الحمأة المنشطة بدون تجهيز كيميائي وبقدرة فصل للمواد الصلبة تصل إلى ٩٠%.

وبمجرد أن تمتلئ الأسطوانة بالمواد الصلبة، تبدأ الوحدة بخفض سرعتها وفي حالة التجفيف تتم عملية الكشط قبل البدء في التقلب والكشط عبارة عن إزالة الحمأة الطرية من الجدار الداخلي للأسطوانة. وعادة يساوى حجم الحمأة المكشوفة ٥٠-١٥% من حجم الأسطوانة ثم يتم بعد ذلك استرجاع الحمأة المكشوفة وإدخالها في نظام المعالجة.

٦- التجفيف بمرشحات الألواح المرصوصة المجوفة (Filter press)

يبين الشكل التالي هذه النوعية من المرشحات التي يتم فيها التجفيف من خلال نزع الماء من الحمأة بالقوة تحت ضغط مرتفع. ومن مميزات هذه المرشحات.

١. التركيز العالى للحمأة المجففة

٢. نقاء الماء المرشح

٣. قوة فصل للمواد الصلبة

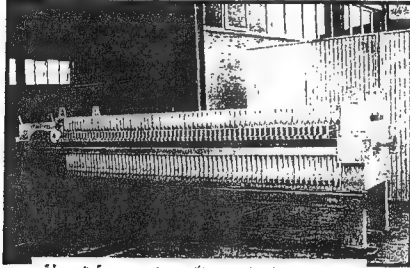
وأما العيوب فتتمثل فى :-

١. تعقيد الأجزاء الميكانيكية.

٢. ارتفاع تكلفة الكيماويات.

٣. ارتفاع تكلفة العمالة.

٤. قصر العمر الافتراضى للنسيج المستخدم فى الترشيح.



صورة لآلة المرشحات الألواح المرصوصة المجوفة

وهناك أنواع عديدة من هذه المرشحات من أهمها مرشحات الألواح المجوفة

بنوعها: الحجم الثابت والحجم المتغير.

أ- مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم الثابت:

تتكون هذه المرشحات من سلسلة من الألواح المستطيلة مجوفة من الناحيتين ويتم تثبيتها وجها لوجه فى وضع رأسى على إطار به رأس متحركة وثابتة. ويتم تثبيت

أو تعليق مرشح نسيجي على كل لوح من الألواح ويتم ربط الألواح ببعض بحيث تقوى على تحمل الضغط المرتفع أثناء عملية الترشيح.

وأثناء التشغيل يتم ضخ الحمأة المدجنة كيميائياً في الفراغ الموجود ما بين الألواح ثم يتم نزع الماء عن طريق وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع يتراوح ما بين ١٠٠-٢٢٥ رطل قدم/بوصة^٢ (١٥٠-٦٩٠ ك/م^٢) لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات فيخرج الماء من خلال النسيج المرشح ومجازى الألواح إلى الخارج.

بعدها يتم فصل الألواح وإزالة الحمأة واسترجاع الماء المرشح إلى بداية عمليات المعالجة. ويتراوح سمك قوالب الحمأة المجففة من بوصة إلى بوصة ونصف (٢٥-٣٨ مم) ويتراوح نسبة الرطوبة من ٤٨ إلى ٧٠% ويتراوح زمن الدورة الترشيحية من ساعتين إلى خمس ساعات ويشمل الوقت المستغرق في:

١. ملء المرشح.

٢. وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع.

٣. فتح المرشح.

٤. الغسيل وإزالة الحمأة المجففة.

٥. غلق المرشح.

ب- مرشحات الألواح المجوفة (ذات الحجم المتغير)

هناك نوع آخر من المرشحات يستخدم في تجفيف الحمأة وهي مرشحات الأنسوح المجوفة ذات الحجم المتغير وهي شبيهة بالمرشحات ذات الحجم الثابت إلا أنه يوضع خلف النسيج الترشيحي حواجز من المطاط. ويتمدد هذا المطاط للحصول على قوة الضغط النهائية، وبذلك يتم تقليص حجم الحمأة الجافة أثناء عملية الكبس.

٧- الوسائل الميكانيكية لتجفيف الحمأة

يستهدف تجفيف الحمأة خفض محتوى المياه لأقل من ١٠ في المائة عبر التبخير، بحيث تصبح الحمأة صالحة لاحتراق أو لتصنيع سمادا. ويجري التجفيف بطريقة

ميكانيكية عبر تسخين إضافي. ومن عمليات التجفيف الشائعة الاستخدام : التجفيف الومضي، والتجفيف الرذّي، والتجفيف الدوّار، والمتعدد المَجْمَرَات.

جدول ٤-٨

الوسائل الميكانيكية لتجفيف الحماة

نوع التجفيف	وصف الصلبة
التجفيف الومضي	تسحق الحماة في طاحونة قفصية أو بتقنية التطبيق بالبخار بوجود هواء ساخن.
التجفيف الرذّي	تدخل الحماة المسائلة إلى وعاء طارديّ. تؤدّي القوى الطاردة إلى ترنيد الحماة إلى جسيمات صغيرة، ترش في القسم الأعلى من غرفة التجفيف.
التجفيف الدوّار	تتضمّن هذه الصلبة التسخين المباشر وغير المباشر. ففي التسخين المباشر، تلامس الحماة غازات ساخنة، بينما في التسخين غير المباشر، تحاط حجرة الحماة ببخار.
التجفيف المتعدد المَجْمَرَات	تتضمّن هذه الصلبة مرور هواء ساخن ومواد اشتعال عبر الحماة المسحوقة التي تمّ شط باستمرار لإظهار سطوح جديدة.

٤-٢-٥. خامسا تطهير الحماة

إن مصدر الحمل الوبائي الرئيسي للنفائات الصلبة المتولدة في محطات الصرف الصحي هو البراز الأمي، حيث يستطيع الإنسان الواحد أن يصرف إلى المحطة يومياً ما يقدر بـ ٣٠-٦٠ جرام جاف من البراز مما يشكل أكبر مصدر للنفائات الصلبة لمحطة الصرف الصحي، وعليه فإن حملها الوبائي مرتبط بشكل رئيسي بالحالة الصحية للأفراد الذين يصرفون مخلفاتهم إلى المحطة وعليه فإنه لا يمكن الحد من وصول للمرضات إلى المحطة بشكل مباشر، وعموماً نجد أن المرضات تتركز في الحماة بشكل أكبر مما هو عليه في مياه الصرف المولدة لها حيث تتجمع للمرضات وتمتص على الرواسب.

وتحتوي الحماة علي كميات متفاوتة من مسببات الامراض مثل الكائنات الدقيقة الممرضة وبويضات الديدان وتختلف تركيز وكمية هذه الممرضات باختلاف طرق

معالجة وتثبيت الحمأة ، فالحمأة المخمرة لاهوائيا بصورة جيدة تحتوي علي نسب قليلة من الممرضات وايضا الحمأة التي تعرضت للمعالجة الحرارية لدرجة حرارة اكثر من ٢٤٠ مئوية تكاد تخلو من الممرضات، كما ان اضافة بعض الكيماويات الي الحمأة في عمليات التثبيت الكيماوي تقلل وتقضي علي كثير من الممرضات . والجدول التالي يبين أنواع البكتيريا الممرضة التي تتواجد في حمأة الصرف الصحي والامراض المسببة لها.

جدول ٤-٩

أنواع البكتيريا الممرضة

Species	Disease
<i>Arizona hinshawii</i>	Arizona infection
<i>Bacillus cereus</i>	<i>B .cereus</i> gastroenteritis; food poisoning
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera
<i>Clostridium peringens</i>	<i>C .perfringens</i> gastroenteritis; food poisoning
<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus
<i>Escherichia coli</i>	Enteropathogenic <i>E .coli</i> infection acute diarrhea
<i>Leptospira sp</i>	Leptospirosis; Swineherd's disease
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis
<i>Salmonella paratyphi</i> A ,B ,C	Paratyphoid fever
<i>Salmonella sendai</i>	Paratyphoid fever
<i>Salmonella sp</i>) over 1500 serotypes(Salmonellosis; acute diarrhea
<i>Salmonella typhi</i>	Typhoid fever
<i>Shigella sp</i>	Shigellosis; bacillary dysentery acute diarrhea
<i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Yersinia</i> gastroenteritis
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	Mesenteric lymphadenopathy
المصدر Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies	
N&P Limited 2002.Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D	

وهناك العديد من الطرق لتطهير الحمأة وخفض المواد المسببة للمرض (المرضات) في الحمأة منها الوسائل الآتية :

- تعريض الحمأة لأشعة الشمس عن طريق فردها في مساحات معرضة لأشعة الشمس لمدة لا تقل عن ١٥ يوما متواصلة.
- حرق الحمأة في محارق خاصة.
- التسخين الحراري الشديد للحمأة .
- التطهير بأشعة جاما.

تطهير الحمأة بأشعة جاما^[١]

أشعة جاما عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية لها قدرة عالية على النفاذ وتزداد بزياده طاقتها سرعتها تقريبا تعادل سرعة الضوء وتُطلق أشعة جاما عندما تكون الذواة في حالة طاقة عالية بعد الانحلال الإشعاعي وتستخدم أشعة جاما في تطهير حمأة الصرف الصحي في بعض البلدان الاوربية.

يعد التطهير بأشعة جاما من الوسائل الفعالة لتطهير حمأة الصرف الصحي من خلال تعريض الحمأة لاحد مصادر اشعة جاما مثل الكوبلت المشع ٦٠ .

وتتميز الطاقة الإشعاعية لأشعة جاما بانها طاقة نظيفة بيئياً إذ لا تتطلب إضافة مواد كيميائية ولا تخلف سمية في المواد المشعة أو أي نشاط إشعاعي منبعث منها، كما أن لأشعة جاما قدرة فائقة على الاختراق والإمداد بجرعة منتظمة يمكن تصورها أو التنبؤ بها). وقد اتضح من الأبحاث قدرة المعالجة بالأشعة على قطع سلسلة التلوث الميكروبي والطفيلي التي يمكن أن تنشأ من استخدام الحمأة في الزراعة والتي قد تصل للإنسان مروراً بالنبات والحيوان مما يقود إلى رفع أمانية

^[١]المصدر : محمد بن إبراهيم التميم ندوة المياه

إعادة استخدامها من الناحية الوبائية وبالتالي إمكانية توزيعها على المشاريع الزراعية مما قد يشكل أهمية اقتصادية لإدارات معالجة النفايات) بين عامي ١٩٤٥-١٩٧٠ نشر حوالي سبعين بحثاً حول تطبيقات معالجة المخلفات بالإشعاع وبينت جدوى هذه التقنية في القضاء على الأحياء الدقيقة، كما ساهم توفر المصادر الإشعاعية في أواسط الخمسينيات في تفعيل استخدام الأشعة في التطهير (Feates et al , 1975).

بدأت إدارة الأبحاث و التقنية بألمانيا في دعم أبحاث تطهير النفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي باستخدام الأشعة مبكراً مما أسفر عام ١٩٧٣م عن افتتاح أطول محطة تجريبية لتشعيع الحماة بأشعة جاما وذلك في مدينة (Geiselbullach) قرب (Munich) وبدأت بإنتاج ٣٣٠ / يوم وعند أوائل الثمانينات استطاعت الوحدة العمل بطاقاتها التصميمية وتوليد ٣١٥٠ / يوم، وكان الناتج من هذه الوحدة يتم إعادة استخدامه بتوزيعه على المزارعين كسماد (Suess et al , 1983).

وقد أوضحت التقارير الألمانية بعيد بداية تشغيل المحطة أن هذه التجربة كشفت أن التطهير بالتشعيع مجدي اقتصادياً مقارنة بالمعالجة الحرارية المستخدمة لتطهير الحماة في ألمانيا في ذلك الحين وفي عام ١٩٧٩م أصدر في ألمانيا تقريراً بعد عدة سنوات من إطلاق التجربة الأولى في محطة الصرف الصحي بـ (Geiselbullach) ورد فيه أن استخدام أشعة جاما لتطهير النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يعتبر خياراً اقتصادياً خصوصاً في حالة الكميات الكبيرة، وأن هذه الحماة يجدر أن يعاد استخدامها كسماد زراعي ومكيف للتربة الزراعية (Bryan et al , 1992).

وفي المؤتمر الذي عقد عام ١٩٨١م في (Grenoble) في فرنسا تحت عنوان المعالجة الإشعاعية للنفايات واستخدامها والذي تشرف عليه الوكالة الدولية للطاقة

الذرية كان من توصياتهم أن استخدام هذه التقنية لتطهير الحماة أمر مهم جداً للدول النامية خصوصاً في ظل النقص الحاد في الموارد والطاقة والتزايد السكاني مع المستوى المتكثري من الصحة العامة، وفي هذه الأثناء كانت كندا تجهز وحدة لتشجيع حماة محطة للصرف الصحي بغرض إعادة استخدامها في تخصيب وتحسين التربة الزراعية لتنتج ٥٠ طناً من الحماة المشعة يومياً كأول تجربة لها بهذا الحجم (Machi, 1985) .

وفي العام ١٩٨٥م أضافت اليابان في بعض وحدات معالجة النفايات الصلبة في محطات الصرف الصحي تجهيزات لتعقيم المياه المتولدة من وحدات معالجة الحماة بأشعة جاما لتتمكن بذلك من تعقيم هذه المياه قبل أن تُخلها على المحطة من جديد، وذلك بعد أن كانت قد نفذت عدة مشاريع لتطهير الحماة.

وقد وجد في دراسة أجراها للمقارنة بين سمية مخلفات سائله مكلورة وأخرى منزوعة الكلور مع أخرى مشعة بجاما ، وجود أن العينات المكلورة وحتى منزوعة الكلور أكثر سمية من تلك المشعة بجاما وذلك بشكل اعتباري ، وهذا يقودنا إلى مأمونية أشعة جاما على المياه المتولدة من وحدة الخفض الآلي للمحتوى المائي والتي يتم عادةً إعادة معالجتها بإخالها إلى محطة معالجة النفايات السائلة من جديد. وقد أقرت الجمعية الأمريكية للهندسة المدنية استخدام أشعة جاما لتطهير النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي وذلك في نشرتها في العام ١٩٩٢م (al, 1992 Bryan et) . كما أثمرت أبحاث تشجيع الحماة في الهند عن تشغيل وحدة لتشجيع الحماة وبطاقة إنتاجية ضخمة بلغت ٣١٠ يوماً واستخدمت في هذه الوحدة الكوبالت - ٦٠ كمصدر للأشعة المؤينة، وقد طبقت إعادة الاستخدام لهذا المنتج في الحقول القريبة من المحطة في منطقة (Gajerawadi)

علاوة على الدول المذكورة آنفاً، فإن العديد من الدول قد استخدمت تقنية تطهير الحمأة في بعض محطاتها بأشعة جاما مثل استراليا ، إيطاليا، النرويج وجنوب إفريقيا وغيرها (Bryan et al, 1992) .

هذا وقد نصت التوصيات الصادرة من مصلحة حماية البيئة الأمريكية على ضرورة تطبيق وسائل لخفض الممرضات الموجودة في الأسمدة المصنعة من النفايات الصلبه لمحطات الصرف الصحي ذات الجودة العالية والتي تصنف من الفئة (أ) ذات الاستخدام المطلق، وكان من هذه الوسائل الموصى بها التعقيم بأشعة جاما عند جرعة تقدر بـ ١٠ كيلوجري (EPA,2000).

تأثير اشعة جاما

تعد أشعة جاما من الوسائل الفيزيائية الناجحة جدا للتعقيم والتطهير في كثير من المجالات والصناعات، فهي تستخدم وعلى نطاق واسع في تطبيقات التعقيم في الصناعات الطبية والصيدلانية والغذائية وتعقيم النفايات وذلك لقدرتها على قتل الأحياء الدقيقة. ويتم تدمير الأنظمة الحيوية بفعل إشعاعات جاما عن طريقين هما:

- التفاعل الغير مباشر
- والتفاعل المباشر

التفاعل الغير مباشر والتفاعل المباشر وهذان المصطلحان يطلقان لوصف تأثير أشعة جاما على مركبات منفصلة كالأنزيمات والأحماض النووية ولا يستخدمان لوصف للتأثير على الكائن الذي نظامه الخلوي معقد التركيب الكيميائي كالخلية البكتيرية والفطرية).

التفاعل الغير مباشر يقصد به تأثير أشعة جاما المؤينة على جزيئات تتحول بعد امتصاصها لأشعة جاما إلى جزيئات متأينة تؤدي إلى إحداث تفاعلات كيميائية مدمرة للنظم الخلوية (Gazso, 1997).

يتحقق التفاعل الغير مباشر بتأثير أشعة جاما على المذيبات، ولما كان الماء هو المذيب الأساسي للنظم الحيوية فإن الأثر الغير مباشر ينتج بالتالي من نواتج تأين جزيئات الماء إشعاعياً حيث ينتج شقائق حرة لنشطة جداً مثل أيون الهيدروكسيل والكترونات حرة كما في المعادلة التالية:



حيث أُقترح أن أيون الهيدروكسيل OH^- يلعب أكبر أثر في التفاعل الغير مباشر وذلك بتفاعله مع الجزيئات الحيوية، أما الإلكترون الحر فقد قللت بعض الأبحاث من دوره في تفاعلات الأثر الغير مباشر (Alpen, 1990) وفُلتت بعض الأبحاث دوره إلى درجة وضعه في مرتبة أيون الهيدروكسيل OH^- في التأثير (Gazso, 1997).

أما التفاعل المباشر فيقصد به التغير في التركيب الطبيعي الجزيئي للأهداف الخلوية من عضيات وجزيئات نشطة بفعل الأشعة المؤينة.

■ وغالبا يشار بعبارة للدمار الإشعاعي المباشر أو التفاعل المباشر إلى الأثر التدميري للأشعة المؤينة على المادة الوراثية للخلية لأنها أكبر هدف جزيئي في الخلية.

إن الـ (DNA) مكون من الجزيئات التي تحمل المعلومات الوراثية المعنية بالتضاعف والتجديد والانقسام وغيره من الوظائف المهمة خلويًا لذا فإن فقدانها أو التأثير فيها يعدّ أمراً مؤثراً على بقاء الكائن وقدرته على الاستمرار، كما أن قدرة الخلية على الأيض قد تُفقد بسبب كسر الروابط وكسر السكر الفوسفاتي ودمار القواعد النيتروجينية.

ويمكن مجهرياً عند فحص الخلية أثناء انقسامها ملاحظة التغير في تركيب الكروموسوم نتيجة للتعرض لأشعة جاما، ولو شععت الخلية بعد انقسام

الـ (DNA) فإن أحد الكروموسومات قد يظهر عليه تغير لا متمثل. ونستدل على دمار الـ (DNA) بفعل الإشعاع بالتالي:

- في الكائنات الحية البسيطة كالفاج (phage) والفيروسات عموماً توجد علاقة كمية بين دمار مادتها الوراثية وتوقف وظائفها الحيوية.
- في الكائنات الحية الأكثر تعقيداً كالـ بكتيريا فإن علاقة دمار الـ (DNA) بفقد الوظائف الحيوية يتضح أيضاً ولكن هذه العلاقة معقدة نوعاً ما.
- أن قدرة خلايا الأحياء الدقيقة على معاودة النمو بعد تثبيطه بالأشعة عائد إلى إصلاح دمار الـ (DNA).

- الكائنات الحية الدقيقة التي عرف عنها أن قدرتها على إصلاح الـ (DNA) ضعيف تظهر حساسية أكثر للإشعاع.

- الكائنات الحية الدقيقة تزداد حساسيتها للإشعاع إذا عوملت بمواد مؤثرة على قدرتها على إصلاح الـ (DNA).

- إن الـ (DNA) هو أكبر جزيء في الخلية.

إن ما ذكر عن تفاعلات الأثر المباشر وقدرته على التأثير على المادة الوراثية لا يعني أن تفاعلات الأثر الغير مباشر أو أن نواتج تحلل الماء بالإشعاع غير مؤثرة على المادة الوراثية بل قد يكون الـ (DNA) هدفاً لكلا التفاعلين. وقد تبين من التجارب أن الدمار الذي يصيب الـ (DNA) يمكن في بعض الظروف إصلاحه وبعده آليات تشمل الإصلاح الإنزيمي أو الاتحادات الوراثية الفيزيوكيميائية.

و يقسم الدمار الخلوي بسبب الأشعة المؤينة إلى ثلاث أقسام:
- الضرر القاتل (Damage Lethal) وهو الأثر الذي لا يمكن إصلاحه ويفضي للموت.

- الضرر شبه القاتل (Lethal Damage Sub) وهو الأثر الذي يمكن إصلاحه في الظروف الطبيعية ما لم يضاف عامل دمار قاتل أو شبه قاتل آخر.

- الضرر المحتمل القتل (Potentially Lethal Damage) وهو الأثر القاتل المتوقف على عوامل أخرى كالأكسجين ودرجة الحرارة ووجود مواد كيميائية وغير ذلك.

كما أن التأثير الإشعاعي يحصل على شكل أطوار كالتالي:

- فيزيائي سريع جداً، وأهم تفاعلات هذا الطور هو تأين الماء . كيميائي ويقصد به التفاعلات الكيميائية للمنتجات الأولية للتأين وتستغرق تقريباً ١٠ أجزاء من الألف من الثانية.

- حيوي متأخر جداً ويقصد به السرطان أو الطفرات وتستغرق ساعة إلى عدة سنوات (Gazso, 1997) .

تأثير تطبيقات نظم معالجة وتثبيت الحمأة في خفض الكائنات الممرضة بالحمأة

إن العديد من تطبيقات نظم معالجة الحمأة في محطات الصرف الصحي والغير موجهة أصلاً للتطهير والتي تهدف إلى خفض المحتوى المائي أو التثبيت وجد أن لها آثار اعتبارية على الممرضات تصل إلى حد التطهير ، ففي دراسة للباحث (Watanabe et al., 1997) أجراها على سبع عشرة محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي باليابان وجد من خلالها أن أعداد للقولونيات البرازية في الحمأة الخام تنخفض بشكل إعتباري بعد تعرض الحمأة للهضم اللاهوائي في درجات الحرارة المتوسطة (Digestion Mesophillic) في حين أنها تنخفض إلى قيم أقل من ١٠/جرام بعد تعرضها للهضم اللاهوائي الحراري (Thermophillic Digestion).

وفي دراسة أخرى شبيهة وجد الباحث (et al., 1998 Burtscher) أن نظم المعالجة في ألمانيا التي فيها مرحلتي تثبيت لاهوائية أحدها حرارية والأخرى

متوسطة الحرارة قد حققت كفاءة عالية في القضاء على بكتيريا السالمونيلا والليستيريا.

واستطاع (Cabirol et al., 2001) أن يخفض أعداد القولونيات البرازية وأعداد ببيضات الديدان الحية إلى مستويات مناسبة لإعادة الاستخدام في الزراعة عند تعريض الحمأة للهضم اللاهوائي الحراري لمدة ٢٠ يوماً وذلك على مستوى محطة تجريبية في المكسيك.

ومع التثبيت بالجير وجد (Cadirgues et al., 2001 - Mignotte) في تجربة فرنسية أن ارتفاع الرقم الهيدروجيني (pH) بسبب هذه المعاملة الكيميائية القلوية تقود إلى خفض الممرضات حيث لم يتمكن من عزل السالمونيلا في الحمأة المعرضة لرقم الهيدروجيني (pH) مقداره ١٢,٥ لمدة ٢٤ ساعة . الباحث (Bujocjek et al., 2001) حصل على نتائج مقارنة في دراسة أجراها في كندا إلا أنه أضاف أن جراثيم (Spores) بكتيريا (Clostridium perfringens) قد حصل لها تنشيط تحت نفس مستوى المعاملة القاعدية الذي ترتفع عنده الرقم الهيدروجيني (pH) إلى ١٢.

الباحث (Jimenez - Cisneros et al., 2001) قارن بين تأثير المعاملة الكيميائية القاعدية والحمضية ووجد أن مقادير القولونيات البرازية و السالمونيلا في المحطة المكسيكية المدروسة تحقق أثناء المعالجة القلوية خفضاً في المقادير بحوالي ٨,٥ لو في حين أن المعالجة الحمضية خفضت المقادير بما يقارب ٤,٥ لو. كما وجد الباحث (Barrios et al., 2001) أن المعالجة الحمضية إذا كانت بتركيز من حمض الخل أقل من ١٥٠٠٠ جزء من المليون فإنها تؤدي إلى معاودة نمو البكتيريا في الحمأة المطهرة مرة أخرى وذلك في دراسة أجراها على القولونيات البرازية و السالمونيلا.

كما أن العديد من الدول الأوروبية تطبق البسترة لتطهير الحمأة وذلك برفع درجة حرارتها إلى ٧٠م لمدة نصف ساعة إلى ساعة (Farrell et al., 1975)، وهذا التأثير الحراري القاتل للممرضات قد يتحقق عند استخدام الحرارة العالية في مرحلة خفض المحتوى المائي.

وفي الدانمرك أجرى الباحث (Jepsen et al., 1997) دراسة على تأثير درجة الحرارة على البكتيريا الموجودة في الحمأة، وأوصى بأن تكون درجة حرارة البسترة لا تقل عن ٧٠م، كما حصل أيضاً على نتائج مقارنة للباحثين السابقين فيما يخص المعاملة بالمواد القلوية، وعن تأثير تخزين الحمأة المنتجة على الحمل الوبائي فقد وجد أن مجرد التخزين للحمأة قد يؤدي إلى خفض مقادير السالمونيلا إذا كانت درجات حرارة التخزين ٢٠م فما فوق في حين أن تخزين الحمأة بقود إلى خفض غير آمن في حق بكتيريا الستربتوكوكس.

وفي دراسة أخرى على تأثير التخزين أجراها الاسترالي (Gibbs et al., 1995) وجد أن التخزين لمدة عام يخفض مقادير السالمونيلا إلا أن القولونيات تبقى بمقادير غير مأمونة وتعاود النمو مرة أخرى .

الكثير من الأبحاث تحدثت عن استخدام الأشعة المؤينة كاشعة جاما في تطهير الحمأة سواءً على مستوى الدراسات التجريبية أو محطات المعالجة القائمة وأشادت بمأمونيتها وخصوصاً في تطهير المقادير الكبيرة من الحمأة المنتجة. كما أن إعادة استخدام الحمأة كمادة أساسية في مصانع السـ (Compost) قد يعرضها للتطهير والاستخدام.

والجدير بالذكر أن بعض وسائل التخلص من الحمأة كالترميد أو الحرق (Incineration) تؤدي إلى التعقيم وإن كانت غير موجه أصلاً لهذا الغرض حيث تتعرض فيه الحمأة لدرجات حرارة عالية جداً تقود إلى فقد المواد العضوية الحية وغير الحية بما فيها الممرضات بأنواعها.

إن سعي محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى تنقية هذه النفايات المنزلية السائلة وتصفيتهما من العوالق والره اسب قد بالضرورة إلى تكون نفاية صلبة لهذه المحطات والتي شكلت بدورها همأً وتحدياً دفع الجهات المعنية لابتكار طرق معالجة وتخلص سليمين لهذه النفاية الصلبة، آخذين في الاعتبار محتواها من الملوثات الكيميائية والمعادن الثقيلة والمرضات (Scott et al, 1985) . إن إفراغ هذه النفايات الصلبة في البيئة يعتبر مشكلة بيئية وإعادة استخدامها هو الخيار المفضل، ولكن المشكلة في الطرق التقليدية للمعالجة بالهضم اللاهوائي وخفض المحتوى المائي أنها لا تقود إلى خفض المرضات في هذه النفاية (Gibbs et al, 1995).

إن احتواء هذه النفاية على المغذيات المفيدة للنبات زاد من استخدامها كمخصب للترب الزراعية مما يستلزم توفير تقنية مأمونة في خفض الحمل البائي لها خصوصاً فيما يتعلق ببيضات الديدان المعوية ذات الخطر العالي على الصحة (Jepsen et al., 1997; Jimenez – Cisnesos et al , 2001)

٤-٢-٦. سلاسل التخلص من الحمأة واستخدامها

إن التخطيط والتصميم والتنفيذ والإداره الصحيحة لمشاريع معالجة مياه الصرف الصحي لابد وان تشمل على آلية صحيحة للتخلص الآمن من النفايات الصلبة(الحمأة) لهذه المشاريع والذي غالباً ما يتم بإعادة استخدامها أو بدفنها أو حرقها أو رميها في البحار.

فبعد عمليات تثبيت وتجفيف الحمأة تصل تركيز المواد الصلبة الجافة فيها من ٢٠ الي ٧٥ % حسب درجة التثبيت والتجفيف المتبعة. ويتم التخلص من الحمأة أو إعادة استخدامها للاستفادة منها في اغراض كثيرة.

اولا التخلص من الحمأة

١- الإختزال الحراري للحمأة

يتضمّن الإختزال الحراري للحمأة عمليّتين أساسيّتين هما :التحويل الجزئي أو الكلي للجوامد العضويّة إلى ثاني أكسيد الكربون ومياه عن طريق الحرق أو الأكسدة بالهواء الرطب؛ والأكسدة للجزئية وتطاير الجوامد العضويّة إمّا بالانحلال الحراري أو الاحتراق القليل الهواء مع إنتاج مواد طاقية كالمغازات والزييت والقطران والفحم . وتستهدف هذه العمليّة خفض حجم الجوامد الصلبة تمهيداً للصرف النهائي

٢- التخلص من الحمأة بالحرق

إذا تعرّض أستخدام للحمأة كسماد في الاراضي الزراعية او ليس هناك فرصة لأستخدام الرواسب الصلبة المجففة في الصناعة يتم الأستفادة من الرواسب كطاقة وذلك عن طريق حرقها في افران خاصة ذات درجات حرارة عالية لا تقل عن ٧٠٠° والحرارة الناتجة عن حرق جزء من الحمأة تساعد علي تجفيف جزء اخر وحرق الجزء التالي له .

ويلزم أن تلحق المحرقة بوحدة لنزع الروائح وحماية البيئة من الدخان والغازات الناجمة عن احتراق المواد العضوية، وتستخدم الحرارة الناتجة من الحرق لتسخين المياه في الغلايات أو للتدفئة أو تجفيف كميات اخري من الحمأة أو كوقود رخيص في الافران المنزلية البلدية القديمة .

أذا كانت الحمأة تحتوي علي مواد سامة فإن عملية التخلص منها بالحرق يعتبر هو الوسيلة الوحيدة المتوفرة بشرط ان يتم ذلك في افران خاصة .

وبعد عملية الحرق نجد ان الرماد المتبقي يحتوي علي ٥ الي ١٠% من الحجم الاصلي للمواد الصلبة ، كما ان المواد الخاملة المتخلّفة عن الحرق يسهل التخلص منها كرماد طائر . وتتعد طرق التخلص من نواتج حرق الحمأة والتي تعرف

بالرماد فقد يتم القاؤها في الانظمة البيئية الطبيعية كالمسطحات المائية كالبهار والانهار وقد تدفن في باطن الأرض أو تستخدم كمادة تسميدية للأرض الزراعية .

مميزات حرق الحمأة

إن لطريقة حرق الحمأة الصلبة بعض المميزات أهمها:

- صغر مساحة الأرض اللازمة لإنشاء وحدة الحرق
 - عدم تأثر عملها بالأحوال الجوية.
 - القضاء علي الممرضات وبويضات الديدان المتواجدة في الحمأة .
 - وإمكانية الاستفادة من الحرارة الناتجة في التدفئة.
 - لا تسبب بقايا عملية الحرق أي ضرر للمياه الجوفية
- ومن المهم ذكر ان عملية حرق الحمأة من العمليات المكلفة كوسيلة من وسائل التخلص من الحمأة (لاحتياجها طاقة كبيرة) وأرتفاع تكاليف الانشاء والصيانة والتشغيل ، كما انها تحتاج الي عمالة فنية ماهرة للتحكم في نواتج الانبعاث الحراري والتأكد من ان نواتج الحرق متوافقة مع المعايير البيئية وذلك لمنع تلوث الهواء والحاق الضرر للبيئة.
- وتتعد طرق حرق الحمأة طبقاً لدرجة جفافها وطبيعتها ، كما تتعلق كمية المواد القابلة للحرق في الحمأة بخواصها ومكوناتها ويتضمن الجدول التالي عرضاً لبعض طرق حرق الحمأة.

جدول ٤-١٠
طرق حرق الحمأة

نوع المحرقة	وصف العملية
المحرقة المتعددة المجمرات	تضم وعاء فولاذيًا مقسمًا من الداخل إلى عدة مجمرات . وتدخل الحمأة عبر سقف المحرقة باستخدام مغذية لولبية أو هزام ذي باب قلاب . وتدفع ذراع وأسنان التقلب الحمأة عبر المجرمة ثم تقع من الثقوب إلى المجرمة التالية وتستمر هذه العملية حتى يصرف الرماد المطهر والمحمل بالفلوسفور من القاع.
الأكسدة بالهواء الرطب	تتكون من مفاعل يعمل بحرارة مرتفعة (٢٠٠ - ٣٠٠ درجة مئوية) وضغط مرتفع من (٥٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ نيوتن لكل متر مربع) . ويؤكسد الهواء المضخ إلى المفاعل الحمأة في طور سائل . وتفصل البقايا الصلبة من السائل بالترسيب أو الترشيح المنفصل.
المحرقة ذات طبقة مميعة	تتكون من وعاء فولاذي عمودي وأسطواني الشكل يحتوي على طبقة رمل وثقوب هواء مميعة لإنتاج واستبقاء الاشتعال . وتمزج الحمأة بسرعة في الطبقة المميعة بحركة دوامية مما يؤدي إلى تبخر المياه واشتعال جوامد الحمأة.
المصدر : Metcalf and Eddy Inc., Wastewater engineering, 3rd ed.	

٣- الدفن الصحي في الأرض

يتم دفن النفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي في مدافن صحية خاص (Sanitary Landfill) مصممة لهذا الغرض، حيث يتم جمعها في حفر معدة لها وتغطيتها بالتربة (إن هذه الطريقة شائعة في كل بلدان العالم ولكن بنسب مختلفة بحسب طرق التخلص الأخرى المتاحة في كل بلد وبحسب حجم النفايات المنتجة، فعلى المستوى الأوروبي نجد أن ٤٠% من الحمأة الأوروبية يتم دفنها، وفي (٣٢١)

بريطانيا تدفن ١٥% من الحمأة المتولدة من المحطات، والدفن يتم إما في مدافن خاصة أو مع غيرها من النفايات الصلبة وذلك وفق اشتراطات معينة. وفي بعض البلدان كاليونان مثلاً تعتبر هذه الطريقة هي الوحيدة المطبقة للتخلص من هذا النوع من النفايات، وعموماً يتجه الاتحاد الأوروبي إلى الحد منها بوضع الاشتراطات التي تقيد من تطبيقها ، حيث تعد مسألة اختيار المكان الملائم للدفن الصحي وتوفير اشتراطاته من أكبر التحديات التي تواجه محطات المدن الضخمة. يعتبر تلوث المياه الجوفية والمياه السطحية بملوثات تنقلها النفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي من أكبر المشاكل المحتملة المتعلقة بالدفن والتي تحصل بفعل عصاره أو رشيق المدفن الذي يتولد بشكل طبيعي من المحتوى المائي لهذه النفايسة أو بوصول مياه الأمطار إلى داخل المدفن ومن ثم تتدفق منه نحو المصادر المائية محملة بالمرضات والمعادن الثقيلة الموجودة أو بالمركبات النيتروجينية وخلافه. ولتلافي ذلك فإن العديد من الاشتراطات يفترض أن تراعى في المدافن من حيث نوعيه الأرض وقابليتها للتآكل والتعرض للتعرية، الوضع الطبوغرافي للأرض حيث درجة الميل، قرب المدافن من مكامن المياه الجوفية وعمقها، نفايسة الأرض وبنيتها، التحكم في مجاري مياه الأمطار القريبة من المدفن أو المياه الراشحة المتولدة من المدافن، وغير ذلك من الاشتراطات التي لا يتسع المجال للتفصيل فيها. الباحث (Entry et al.,2001) أجرى دراسة على تلوث المياه الجوفية بالقولونيات البرازية في النفايات الصلبة المدفونة وذلك في مدافن خاصة بالمخلفات الحيوانية، ووجد أن البكتيريا يحصل لها احتجاز جزئي ولكنها تستطيع الوصول للمياه الجوفية بمقادير تختلف حسب نوع الطبقات التي بين المدفن والمكمن المائي، فالطبقات البازلتية وجدها أكثر احتجازاً للبكتيريا من الطبقات الرملية التي يتدفق عبرها الماء بسرعة أكبر من سابقتها، واعتبر الباحث أنه على اختلاف نسبة التلوث إلا أن الدفن عموماً ليس آمن على المياه الجوفية. كما يراعى في المنفن أن يكون بعيداً عن

التجمعات البشرية لاعتبارات تتعلق بالتلوث المحتمل بسبب الرياح والغبار والنواقل وغيرها.

والجدير بالذكر أنه علاوةً على مراعاة المشاكل المتعلقة بتلوث المياه الجوفية وغيرها أثناء تصميم وتنفيذ المدفن إلا أنه من المفترض أيضاً أن يراعى بعدها عن مزارع الثروة الحيوانية والألبان، فقد وجد (Cizek et al.,1994) في دراسة أجراها على بكتيريا السالمونيلا أن العديد من الطيور البرية يمكن أن تنتشر هذه البكتيريا وتنقلها من مكان لآخر، وفي دراسة شبيهة أثبت الباحث (Ferns et al.,2000) أن بكتيريا السالمونيلا المنقولة بمياه الصرف الصحي يمكن أن ينشرها طائر النورس الذي سبق أن تعرض غذائه لتلوث بمياه الصرف الصحي وذلك عن طريق برازه. كما أن بكتيريا السالمونيلا المنقولة بمياه الصرف الصحي أو النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يمكن أن تنتسب في تجرأت وبائية في مزارع الأبقار فقد رصد الباحثون (Clegg et al.,1983;Clegg et al.,1986) إصابات بالنزف المعوي والإجهاض والموت أحياناً لأبقار أصيبت بالسالمونيلا المنقولة بالنفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي .

عملية الدفن

ويتم ذلك بعمل خنادق مختلفة مستطيلة ومنازية بعمق يتراوح من متر ونصف الي مترين وتلقي الحمأة في الخنادق ثم تغطي بطبقة من التراب او التراب والرمل بارتفاع ثلاثين سنتيمترا علي الاقل وذلك لمنع تصاعد الروائح الكريهة منها ، ومنع تولد الذباب والحشرات الضارة - ويمكن استغلال المساحة كمزرعة للنباتات الخشبية علي الا يعاد حفر الخنادق لمدة سنتين علي الاقل .

ويجب عند تشغيل المدفن مراعاة ما يلي:

□ التحكم في المخلفات التي قد تنتثر بفعل الرياح حول المدافن وذلك بإقامة الأسوار والحواجز.

- إنشاء سجلات للتأكد من نوعية المخلفات حتى لا تثن مخلفات خطيرة في مدفن معد لمخلفات غير خطيرة، كما يجب اتباع اللوائح الخاصة المطلوبة لسجلات المدافن الخطرة.
- يجب ان يجهز المدفن بالأسوار أو الحواجز التي تمنع وصول العامة والحيوان إلى أرض المدفن وذلك لإمكانية خطورة المدفن وعدم وعى الناس بذلك.
- يجب تجهيز المنطقة حول المدفن لتصريف الأمطار بعيداً عن المدفن وذلك باستخدام قنوات أو نظام صرف حول المدفن.

٤ - قذف الحمأة في البحر

من طرق التخلص من الحمأة الرمي في قيعان المحيطات والتي تنتشر في بعض المدن الساحلية، الا ان ذلك شائع بدرجة اكبر للحمأة الغير معالجة والغير مجففة ونادرا ما يتم قذف الحمأة الجافة او الرماد المتخلف عنها في البحار والمحيطات (الا في حالات قليلة كتعذر دفن الحمأة الجافة أو الرماد في الأرض) . ويسعى الاتحاد الأوربي للتوقف عن هذا الأجراء حمايةً للبيئة البحرية، هذا وقد حددت بريطانيا العام ١٩٩٨م كآخر سنة يتم فيها الرمي في البحر. وعملية قذف الحمأة في البحار لها بعض المحاذير البيئية والصحية فقد نشر الباحثان (Hill et al.,1993) و (Takijawa et al.,1992) تقريرين عن المرمى البحري قبالة سواحل نيوجرسي الأمريكية واستطاعا رصد بكتيريا *Clostridium perfringens* في الرواسب الموجودة في قاع البحر كمؤشر على مثابة بعض الممرضات البرازية في المدافن البحرية. وعموما تعتمد هذه الطريقة علي وجود شاطئه للبحر قريب من مكان انتاج الحمأة ويكون البحر كبيرا وكافيا لاستيعاب الحمأة دون ان يؤثر ذلك علي بيئته المائية ودون ان يتم استنزاف الأكسجين الذائب في البحر ، ويتم

فياس الأكسجين الذائب قبل وبعد القاء الحمأة حتي لا يهبط مستوي الأكسجين الذائب عن الحد الملزم لحياة النباتات البحرية الأخرى .

ويشترط ان يكون موقع التخلص من الحمأة مناسباً وفي داخل البحر وعلى اعماق كافية وبكميات محسوبة بحيث نضمن الا تدفع التيارات البحرية الرواسب مرة أخرى الي الشاطئ ، ويتم قذف الحمأة عن طريق طلمبات تدفعها الي موقع التخلص أو تحميل الحمأة علي سفن خاصة تسير في البحر بحيث تصل الي عرض البحر ويتملقاؤها.

وبعض المواصفات تشترط ان لا تقل النسبة بين حجم المء في البحر عن الفين ضعف من حجم الحمأة الملقاة يومياً وذلك حتي يمكن استيعابها في البحر دون اضرار بيئية وايضا يشترط الا توجد تيارات بحرية تمنع الترسيب .

ثانياً الاستخدامات المفيدة للحمأة

بلغت كمية الحمأة الناتجة من محطات الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى من ١٩٨٠ - ١٩٩٦ طن يومياً عام ٢٠٠٥ ومن المتوقع ان تصل الي ٣٩٠٠ طن يومياً بحلول عام ٢٠١٠ وهذا يعني انها قد تصل الي ١,٥ مليون طن في العام من المادة الجافة وبعد هذا الكم الهائل والمتجدد سنوياً مصدر للعديد من المشاكل نظراً لما تحتويه هذه الماد من مواد . ولهذا اتجه التفكير الي كيفية الاستفادة من من الكميات الكبيرة من الحمأة الجافة الناتجة عن مشاريع الصرف داخل مصر .

تتعدد الاستخدامات المفيدة للحمأة الناتجة من محطات الصرف الصحي وذلك لاحتواء الحمأة علي مواد عضوية هامة يمكن الاستفادة منها . والاستخدامات الآتية هي أكثر الاستخدامات الشائعة للاستفادة من الحمأة .



تحميل الحمأة على الشاحنات

١- استعمال الحمأة المجففة كسماد Disposal as manure

يمكن الاستفادة من الحمأة كمادة عضوية في تسميد الأرض الزراعية خصوصا بعد ارتفاع اسعار الأسمدة الكيماوية ونظرا لما تحتويه من عناصر غذائية ضرورية للنبات والتي منها النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والعديد من العناصر الاخرى .
فبعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن الحمأة المجففة علي هيئة اكوام مربعة أو مستطيلة مستوية السطح بارتفاع حوالي متر - ثم تغطي بطبقة من الرمل بسمك حوالي ٣ سم لمنع توالد الذباب علي سطحها ، علي ان تترك هذه الاكوام مدة ٢٠ الي ٤٠ يوما تتعرض لثأءها للتخمير الجزئي الذي يرفع درجة حرارتها الي حوالي ٧٠ درجة مئوية وذلك بآثار البكتريا اللاهوائية والرطوبة المتبقية في الرواسب - وتساعد هذه الحرارة المتولدة علي

قتل يرقات الحشرات خاصة الذباب وقتل كثير من الكائنات الدقيقة الضارة
المرضة ، والحد من نمو بويضات الديدان الطفيلية .

وبعد عملية التخمير الجزئي تباع الحماة كسماد حيوي للمزارع.
هذا وتحتوي الحماة بعد تخميرها بهذه الطريقة علي كثير من العناصر الغذائية
المفيدة للنباتات ذات القيمة للتسميدية الجيدة والجدول التالي يبين مكونات هذه الحماة
من المواد العضوية والعناصر المعدنية .

جدول ١١-٤

المكونات الكيميائية للحماة

النسبة المئوية %	المادة
٧٥ - ٥٥ %	مواد عضوية
٤-٢٥ %	مواد غير عضوية
١٠%-٥	زيوت ودهون
٢٠-٥ %	بروتين
٣-١ %	أمونيا (آزوت)
١,٥-٠,٥ %	فسفور

اما الحماة التي جففت بالطرق الميكانيكية مثل الترشيح التفريغي أو بالضغط أو
بالطرد المركزي فان الحماة لا زالت تحتوي علي ٥٠ % من وزنها ماء لذلك
يجب تجفيفها اكثر قبل بيعها كسماد ويتم استكمال التجفيف أما بنشرها في الشمس
أو بادخال الرواسب الي افران خاصة درجة حرارتها من ١٥٠٠ الي ٢٠٠٠
درجة مئوية وذلك لخفض نسبة الماء الي اقل من ١٥ % من الوزن الكلي للحماة
وبعد ذلك يتم طحن هذه الرواسب وتعبأ في اكياس وتباع كسماد .

عيوب ومخاطر استخدام الحماة كمخصب زراعي^[*]

إن الحمل الوبائي المنقول بالحماة يشكل خطراً صحياً مباشراً للإنسان أو الحيوان الذي يتعرض لها، كما يشكل خطراً غير مباشر بتلويثه للهواء والتربة والمزروعات والمياه التي قد يتعرض لها الإنسان أو الحيوان.

ففي دراسة أجراها الباحث (Ottolenghi et al., 1987) على المزارع التي تخصب بالنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي في أوهايو (Ohio) تمكن الباحث من عزل بكتيريا السالمونيلا من التربة ورصد أيضاً الأجسام المضادة للسالمونيلا في دماء أفراد العائلات التي تقطن في هذه المزارع كمؤشر على الإصابة جراء التعرض للحماة الملوثة.

وقد ذكر (Cighthart, 1994) أن الهواء في المناطق التي يتم فيها استخدام الأسمدة المصنعة من حماة محطات الصرف الصحي يمكن أن تصل بها أعداد البكتيريا في المتر المكعب من الهواء إلى ١٠ آلاف خلية.

وقد استطاع الباحث (Pillai et al., 1996) في دراسة أجريت في ولاية تكساس أن يكشف عن وجود علاقة بين مقادير البكتيريا في الهواء وتحريك أو تهيج النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي، كما أوجد العلاقة الوراثية بين السلالات البكتيرية التي في الحماة والأخرى التي في الهواء باستخدام تقنية (Polymerase Chain Reaction) ووجد أن من بين هذه البكتيريا أنواعاً ممرضة من جنس الكولوستريديم (Clostridium spp) .

وقد أجريت تجارب على تلوث الخضروات بالمرضات المنقولة بهذا النوع من المخصبات، حيث استطاع (Bergstrom and Longeland, 1981) عزل بكتيريا السالمونيلا وببيضات ديدان الإسكارس من أوراق الخضراوات النمتة في

[*]المصدر : محمد بن إبراهيم الغنيم ندوة المياه

مزارع مخصصة تجريبياً بحمأة الصرف الصحي، وقد وجد الباحثان أن أعداد بكتيريا القولون البرازية وبكتيريا السالمونيلا تنخفض في التربة بشدة بعد أول موسم زراعي في حين أن بويضات الديدان استمر رصدها في التربة حتى بعد ثالث موسم زراعي مع العلم أن التخصيب كان قبل أول موسم زراعي فقط. وقد دلت بعض الدراسات على أن بقاء البكتيريا على أوراق الشجيرات والحشائش في المراعي المخصصة بالحماة أقل منه في التربة نفسها وذلك عائد إلى تعرضها للقتل بأشعة الشمس، وقد بينت التجارب أن الخنازير أكثر تعرضاً للإصابة من البقر والغنم وعُزي ذلك إلى أن الخنازير يأكل من أسفل العشب بما في ذلك أجزاء من المجموع الجذري والتربة، وإن كانت جرعة الإصابة بالسالمونيلا تقدر بالآلاف أو ملايين الخلايا إلا أن الإصابة ببويضات الديدان أو الإصابات الرئوية الفيروسمية التي تصيب المواشي لا تحتاج إلى مقادير كبيرة من محدثات المرض (Jones, 1983).

إن جداول مياه الأمطار التي تمر عبر الأرض الزراعية المخصصة يمكنها أن تنقل مقادير كبيرة من الممرضات إلى الممرات أو القنوات المائية والبرك وهذا ما وجدته الباحثة البريطانية (Hunter et al., 1999)، هذا وقد حصل (Heinonen - Tanski et al., 2001) على نتائج مشابهة في دراسة مماثلة لها. وقد وجد (Entry and Farmer., 2001) أن القولونيات البرازية يمكن أن تنتقل من التربة الملوثة بها إلى المياه الجوفية، وقدرتها على الانتقال نحو المياه الجوفية مرتبط بسرعة انتقال الماء وبحجم حبيبات التربة.

كما لاحظ (Straub et al., 1992) تلوث تربة مزارع أريزونا التي تخصب بالنفائات الصلبة لمحطة الصرف الصحي وتمكن من عزل فيروس شلل الأطفال والملتهم البكتيري (MS2) منها، ووجد أن التثبيت الفعلي لهذه الفيروسات يتحقق مع الفقد السريع للرطوبة ورفع درجة الحرارة للتربة إلى ٤٠ درجة مئوية .

وفي مزارع أريزونا أيضاً درس الباحث (al., 1995 Straub et) الترب المخصبة بعد ثلاثة شهور من التخصيب وتمكن باستخدام تقنية الـ (Polymerase Chain Reaction) من عزل العديد من الفيروسات الممرضة في ٢١ عينة من أصل ٢٤ عينة مدروسة.

إن التربة الملوثة ببكتيريا القولون إذا كانت تحتوي على مقادير كافية من الرطوبة والمغذيات فإن هذه البكتيريا يمكنها أن تنمو وتضاعف من أعدادها بمقدار قد عدة الاف في وقت قصير نسبياً . (Byappanahalli and Fujioka, 1998) .
إن التنوع الميكروبي في التربة المخصبة بالنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يخضع لعدة عوامل منها نوعية التربة فقد وجد أن التنوع في الطمي والطين حيث جزيئات التربة صغيرة أكثر منه في الرمل، كما أن نمو الفطريات والتنافس والنضاد الميكروبي يؤثر على وجود البكتيريا في هذه التربة (Sessitsch et al., 2001) .

وقد وجد الباحث (Jones, ١٩٨٣) أن بقاء بكتريا السالمونيلا في التربة الملوثة بها بفعل السماد يتراوح بين ٥-٣٠ يوم بحسب العوامل المؤثرة في البقاء كدرجة الحرارة وضوء الشمس والصقيع والرطوبة والتضاد والافتقار .
وخليجياً تمكن (Amin, 1988) من عزل العديد من الممرضات البكتيرية والفيروسية من الأسمدة المصنعة من نفايات الصرف الصحي في البحرين .
وفيما يخص المعادن الثقيلة فإن وجودها في النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي مرتبط بوجودها في مياه الصرف الصحي التي تستقبلها المحطة المنتجة لهذه النفايات الصلبة، ففي دراسة أجريت بواسطة الباحث (Gaskin et al., 2003) قارن فيها بين جودة العلائق المنتجة في مزرعة غير مخصبة بالحماة مع أخرى خصبت لست سنوات بها ولم يجد فرقاً بين المنتجين وخلص إلى أن استخدامه للحماة كمخصب لا يحمل خطر صحياً للحيوانات التي تغلف من العلائق

المنتجة من هذه الحقول وذلك فيما يتعلق بمحتواها من المعادن الثقيلة وليس من الناحية الويائية .

ارشادات استخدام الحمأة في الزراعة

يراعي ان تناسب معدلات الاضافات السنوية من الحمأة المعالجة الجافة مع نوعية الاراضي وان تكون في الحدود الواردة الآتية :

أ- أن لا تزيد كمية الأنتروجين المضافة مع الحمأة عن حاجة المحصول المزروع وان تكون نسبة الكربون الي الأزوت في الحمأة في حدود من ١٨ : ١ ، ٢٢ : ١
ب- ان تكون معدلات الاضافة السنوية من الحمأة المعالجة كالآتي:

ت- ١. اراضي ثقيلة القوام (طينية جيرية) معدل اضافة الحمأة الجافة في حدود ٨ الي ١٤ م^٣ / المئدان .

ث- ٢. اراضي متوسطة القوام (رملية طينية جيرية) معدل اضافة للحمأة الجافة في حدود ١٠ الي ١٦ م^٣ / المئدان ٣ اراضي خفيفة القوام (رملية) معدل اضافة للحمأة الجافة في حدود ١٢ الي ٢٠ م^٣ / للمئدان .

ج- عدم استخدام الحمأة في الاراضي المنزرعة بالخضراوات التي تؤكل نيئة أو زراعة الدرنات .

ح- عدم استخدام الاراضي المنزرعة بالحمأة كمراعي للماشية والاعنام الا بعد مرور شهرين على اضافة الحمأة .

خ- عدم استخدام الحمأة أثناء هبوب الرياح وحظر استخدام الحمأة للتأججة من الصرف الصحي في الحدائق العامة او الملاعب التي ترتادها الجماهير .

٢- تصنيع الكومبوست من الحماة^[٢]

عملية الـ (Aerobic Composting) يقصد بها تثبيت النفايات العضوية الرطبة بنظم طبيعية حيوية هوائية في شكل أكوام من هذه النفايات . وعرفت بأنها عملية حيوية هوائية تؤدي في النهاية إلى هضم المواد العضوية القابلة للهضم الحيوي مولدة غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وبقايا المواد العضوية الثابتة. وعرفها العالم (Haug,1980) بأنها التحلل الحيوي والتثبيت للمواد العضوية تحت ظروف تؤدي إلى توليد الحرارة حيوياً إلى حدود مرتفعة (Thermophillic) مؤدية إلى إنتاج مادة ثابتة بما فيه الكفاية لتخزن أو تستعمل بدون أضرار بيئية . وعرفت أوروبياً بأنها نظام تحكم حيوي تقوم به الكائنات الحية الدقيقة بشكل تنافسي وتدرجي يضم النشاطات الحيوية في الظروف متوسطة درجة الحرارة (Mesophillic) ومرتفعة درجة الحرارة (Thermophillic) مؤدية إلى إنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون والمعادن والمواد العضوية الثابتة. ويمكن تطبيق هذه العملية بعدة آليات منها نظام الأكوام (Windrow System) حيث يتم في المصنع ووضعها في الأرض المعدة للتصنيع على هيئة أكوام في صفوف طويلة مثثة الشكل بارتفاع حوالي ١,٥ متر وعرض ٣ متر تقريباً ويتم تقليبها- مع باقي المكونات من المخلفات الحيوانية ونشارة الخشب- آلياً باستخدام معدات ثقيلة خاصة بذلك حتى تصل درجة الحرارة المنبعثة من الأنشطة الحيوية الهوائية إلى مستوى ترتفع معه درجة حرارة وسط الكومة إلى ما فوق 50 م°. إن عملية الـ (Aerobic Composting) عملية حيوية معقدة تتم بواسطة نشاطات معقدة للكائنات الحية الدقيقة المتعاقبة في هذا الوسط، وتلعب البكتيريا فيه الدور الأساسي كمستهلك أول، تمتلك البكتيريا الهوائية نظاماً أنزيمياً يمكنها من أكسدة

[٢] المصدر : محمد بن إبراهيم اللقيم ندوة المياه

المواد العضوية في وجود الأكسجين مع إطلاق مقادير مناسبة من الطاقة كما في التالي (Electron donor (Organic Substrate) + O₂ (Electron Acceptor) ينتج منها Biomass + CO₂ + H₂O + Metabolites + Energy. لكن التفاصيل الدقيقة للهضم الهوائي في عملية السـ (Aerobic Composting) تظل معقدة في ظل التعاقب الميكروبي المعقد، ويمكن إجمالها كالتالي :

في البداية تعتبر البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة (Mesophilic Bacteria) أول المستعمرين وتحتاج إلى فترة من الزمن للتأقلم والاستيلاء على الوسط ثم تبدأ درجة حرارة الوسط بالارتفاع نتيجة لتولد الطاقة أثناء التنفس الهوائي لها حتى تصل إلى درجات حرارة مرتفعة تناسب البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة (Thermophilic Bacteria) والتي تعقب البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (Mesophilic Bacteria) على هذا الوسط وتحتل جميع أنحاء الكومة ولكن مع استمرار ارتفاع درجات الحرارة تصل إلى 60°م وعندئذ يحصل تثبيط لكثير من الكائنات الحية الدقيقة المعرضة لهذه الحرارة العالية وقد لا يبقى منها إلا الأطوار المتحملة كالجراثيم (Spores)، بعد هذه المرحلة تبدأ مرحلة الإنضاج حيث تنخفض درجة حرارة الكومة حتى تصل إلى درجة حرارة الجو المحيط بها وبعد ذلك يزدهر نمو بعض الفطريات والاكثينومايسيتس (Actinomycetes) ويشاهد النمو على سطح الكومة حين تكتسي بألوان المستعمرات البيضاء والرصاصية، ومن الأجناس المشهورة من الفطريات تجد السـ (Aspergillus) ومن الاكثينومايسيتس نجد السـ (Thermoactinomyces) و (Streptomyces)، بعد ذلك تصبح كائنات المستهلك الأول (البكتيريا والفطريات) ضحية لافتراس الأوليات والخنافس والديدان حيث تسود هذه الكائنات وتزدهر في هذه المرحلة. إن الممرضات المنقولة ببراز الإنسان والتي استطاعت البقاء في النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يمكن أن تتعرض للقتل أثناء عملية الـ (Composting)

بفعل عدة عوامل، وأكبرها أثراً الحرارة المتولدة من السنظم الميكروبيية المولدة للحرارة وقد تبين أن طرق الـ (Composting) المولدة للحرارة لها قدرة على تحطيم الكثير من الممرضات.

العديد من السنظم الأنزيمية تتحطم بالحرارة العالية كما يحصل لبكتيريا السالمونيلا (*Salmonella spp*) حيث تتأثر فيها أنزيمات مثل Dehydrogenase أو Catalase و Peroxidase بالأكسدة الحرارية.

لاحظ (De Bertoldi et al., 1983) أن إجراء عملية الـ (Composting) مع نشارة الخشب يخفض مقادير السالمونيلا والقولونيات البرازية إلى حدود منخفضة جداً بعد ٢٨ يوماً من العملية المستمرة وأن درجات الحرارة الأعلى من 50 م لعدة ساعات تقضي على كثير من الممرضات ، كما وجد أن نسبة البكتيريا الممرضة إلى إجمالي عدد البكتيريا في بيئة الـ (Compost) ضئيلة جداً وعليه فإن قدرتها على المنافسة في هذه البيئة ضعيفة لأنها ليست بيئتها الطبيعية وقد اعتبر أن التنافس ودرجة الحرارة هما أهم عاملين في خفض أعداد الممرضات البكتيرية في هذا الوسط.

كما أن التعاقب الميكروبي يعكس تغير ظروف الوسط من جهة ومن جهة أخرى سعة التنوع الميكروبي فيه وهذا يكشف تعرض البكتيريا لظروف تغير الوسط البيئي والتضاد الميكروبي أو الاقتراس من قبل الكائنات الحية الأخرى. وجد الباحث (Redlinger et al., 2001) أن للتجفيف والتعرض لأشعة الشمس الذي يحصل للوسط أثناء عملية الـ (Composting) لها أثر فعال على خفض أعداد القولونيات البرازية إلى مستويات يمكن معها إعادة استخدامه بأمان صحي . إن وصول عملية الـ (Composting) إلى المستوى الذي يحصل معه التطهير والتأثير على الممرضات مرتبط بعوامل عدة بدونها قد لا ترتفع درجة الحرارة إلى المستويات المطلوبة أو قد لا يحصل التعاقب الميكروبي الفعال في التضاد

الميكروبي وهكذا، ومن هذه العوامل اثنان المغذيات في المفاعل الحيوي (كومة النفايات التي يجري لها الـ Composting) ويقصد بذلك نسبة الكربون إلى النيتروجين على الأخص ويفضل فيها أن تكون ٢٥ : ١، وكذلك وضع حبيبات أو أجزاء النفايات الصلبة لمحطة الصرف، وأيضاً للتحكم في الرطوبة إذ أن انخفاضها عن ٦٠% قد لا يخدم البدء في العملية وبقاء الرطوبة في نهايتها قد يزيد من فرص بقاء الممرضات، ومن العوامل المهمة أيضاً التهوية والتي تحتاج إلى ضبط حتى نقي باحتياج البكتيريا الهوائية التي يعول عليها في التثبيت ولا يجب أن تزيد إلى مقادير قد تتسبب في فقد الحرارة المتولدة داخل الكومة، كما أن الحرارة علاوة على أثرها التطهيري إلا أنها أيضاً تلعب دوراً هاماً في التحلل، والجدير بالذكر أن درجة الحرارة قد تتباين في أنحاء الكومة بحسب كثافة الانقلاب فالأجزاء القريبة من الجو الخارجي قد تحتفظ بمقادير من الممرضات لانخفاض درجة الحرارة عما هو عليه في داخل الكومة وذلك إذا لم تقلب بشكل جيد، كما أن درجة تبان محتوى الكومة يتداخل مع توزيع الحرارة وبالتالي قد يقود إلى عدم تعرض الممرضات لدرجات الحرارة المطهرة، وغير ذلك من العوامل كدرجة الحرارة الخارجية والرياح والأمطار، وبهذا نجد أن هذه العملية قد يتحقق معها التثبيت وخفض المحتوى المائي والتطهير.

إن الحمل الوبائي للـ (Compost) لا يتوقف على الممرضات المنقولة له مع النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي بل يتجاوز ذلك إلى الممرضات التي تنمو في بعض مراحل الـ Composting) كالفطريات والاكثينوماسيتس والتي في ظروف معينة قد تؤدي إلى إصابة الإنسان سواء على مستوى العاملين في المصنع أو المتعاطين للمنتج، وقد سُجلت العديد من الإصابات الرئوية بفطر (*Aspergillus fumigates*) أو بالاكثينوماسيتس. إن الإخفاق في عملية التطهير أثناء الـ Composting) قد يؤدي إلى انتقال الممرضات إلى الإنسان والبيئة وبالتالي

حصول التلوث بالمرضات المنقولة بالبراز الموجودة في النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي.

٣- دخول الحماة الجافة في الصناعة (صناعة الطوب والاسمنت والزجاج)

حيث تعد الحماة الجافة من المواد المائلة الجيدة للطوب والاسمنت كما انها تزيد من محتوى المواد الصلبة فيهما وهناك فائدة اخري لاستعمال الحماة في صناعة الطوب والاسمنت، حيث يتم التخلص من العناصر الثقيلة المتضمنة للحماة بطريقة آمنة بادخالها في صناعة الطوب والاسمنت.

وقدنجح بعض الباحثين من الحصول علي بلاطات ارضية مصقولة بحرق رماد الحماة عند درجات عالية.

ولقد تحقق بعض النجاح في عملية التزجيج ، اي ادخال الحماة الجافة في عملية صناعة الزجاج ويتم ذلك في درجات حرارة عالية .

دخول الحماة في صناعة طوب البناء الخفيف

ويتم في هذه الطريقة استخدام الحماة مع الطفلة والفحم النباتي بنسبة ٢٥% :

٥٠%:٢٥% علي التوالي وبعد عملية الخلط الجيد يتم صبها في قوالب ذات ابعاد

٢٥ ١٢X ٦X سم وتترك لتجف بعيدا عن الشمس المباشرة ثم تحرق هذه القوالب

داخل افران في درجات حرارة من ٦٥٠ الي ٨٥٠ مئوية وبذلك يمكن القضاء علي

الكائنات الممرضة بالحماة ، ويكون قالب الطوب الطفلي الناتج لقل كيلوجرام واحد

عن نظيره من الطوب الطفلي التقليدي ويستخدم القالب الناتج في بناء الحوائط

الحاملة والحوائط المائلة وكذلك بديل للطوب المفرغ المستخدم في عمل الاسقف

بالاضافة الي صغر معامل التوصيل الحراري للطوبة الناتجة وبذلك تصلح في

تبطين أنواع معينة من الاقران وفي بناء المساكن في المناطق القريبة من خط

الاستواء نظرا لما تمتاز به من خاصية العزل الحراري الجيدة .

الباب الخامس

تطبيقات عمليات المعالجة

- ١-٥. عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف
 - ١-١-٥. المعالجة التمهيدية.
 - ٢-١-٥. المعالجة الابتدائية.
 - ٣-١-٥. المعالجة الثانوية.
 - ٤-١-٥. للمعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة).
 - ٥-١-٥. معالجة مياه الشبكات المجمعة.
 - ٦-١-٥. معالجة المواد السامة وإزالة الملوثات الخاصة.
- ٢-٥. المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف
 - ١-٢-٥. المعالجة بالتربة والخزان الجوفي
 - ٢-٢-٥. المعالجة اللامركزية لمياه الصرف
 - ٣-٥. معالجة الحماة
- ٤-٥. مثال تطبيقي عملي لأحد مشاريع معالجة مياه الصرف
- ٥-٥. إزالة الملوثات من خلال مراحل المعالجة
- ٦-٥. طرق المعالجة مميزاتها وعيوبها

الباب الخامس

تطبيقات عمليات المعالجة

ضمن محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، تجمع العمليات المذكورة سابقاً في عدة تشكيلات لتحقيق مستويات متعددة من المعالجة ويتم التكامل بين عمليات المعالجة وتشغيل وحدات المعالجة بصورة معينة وذلك للحصول على مستوى ودرجة معينة من درجات معالجة . وتصنف هذه التشكيلات على النحو التالي :

تمهيدية وأبتدائية وثانوية ومتقدمة.

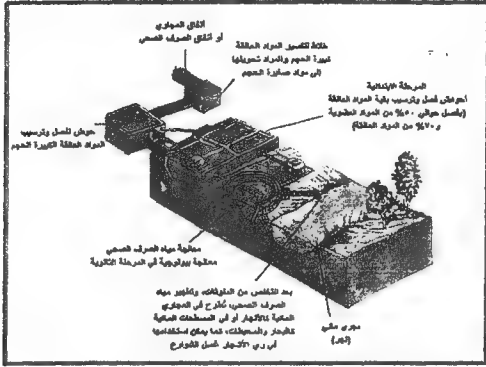
ويمكن تقسيم عمليات معالجة مياه الصرف الى عمليات تقليدية وهي تشمل المعالجة التمهيدية والابتدائية والثانوية وربما الثلاثية ايضا .والي عمليات غير تقليدية مثل عمليات المعالجة بالتربة والخزان الجوفي .

فتاريخياً يشار على المعالجة التمهيدية و الأولية للمياه التي وحدات المعالجة الفيزيائية وتشمل المصافي الميكانيكية واحوض لزالة الرمال واحوض الترسيب الأبتدائي ، بينما يشار الى المعالجة الثانوية الى المعالجة البيولوجية والكيميائية وتشمل أحواض التهوية وأحواض الترسيب النهائي والتطهير والمعالجة المتقدمة أو الثلاثية فتعني دمج الثلاثة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية معا في مشروع واحد.

١-٥ . عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف

تشمل عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لازالة المواد الصلبة والمواد العضوية وفي بعض الاحيان المواد المغذية من مياه الصرف . ولوصف درجات المعالجة للعمليات التقليدية يستخدم مستوى المعالجة التمهيدية لوصف العمليات التمهيدية Preliminary processes والمستوى الابتدائي للمعالجة الابتدائية Primary processes

Secondary processes المعالجة الثانوية لعمليات المعالجة الثانوية
والمعالجة الثلاثية أو المتقدمة Tertiary processes.



شكل توضيحي لبعض الخطوات المتبعة في معالجة مياه الصرف الصحي

١-١-٥. المعالجة التمهيدية Preliminary Wastewater Treatment

تُحضّر المعالجة التمهيدية مياه الصرف الداخلة بتخفيف أو نزع الخصائص التي يمكن أن تعوق عملية المعالجة أو تزيد كلفة صيانة المعدات في أسفل المجرى. ومن أهم تلك الخصائص التي تعوق عمليات المعالجة وجود أجسام صلبة كبيرة وحصى، وروائح، وحمولة عضوية عالية جدًا في بعض الأحيان. وتشمل المعالجة التمهيدية عادة العمليات الفيزيائية كالترسيب والطحن لإزالة الصخور والحطام، وعملية نزع الحصى، وعملية التعويم لنزع الشحوم، ومعالجة الدفق وعمليات مكافحة الروائح.

وفصل ، في هذه المرحلة، ويزال ما تراوح بين ٥ و ١٠ % من المواد العضوية القابلة للتحلل، بالإضافة إلى كمية تراوح بين ٢ و ٢٠ % من المواد العالقة الأخرى. ولا تُعد إزالة هذه النسبة من الشوائب، كافية لإعادة استعمال الماء، في أي من الأغراض. لذا، فإن الماء الناتج من هذه المرحلة، ينقل إلى المرحلة التالية. والجدول التالي يبين نوعية مياه الصرف بعد المعالجة التمهيدية

جدول ١-٥

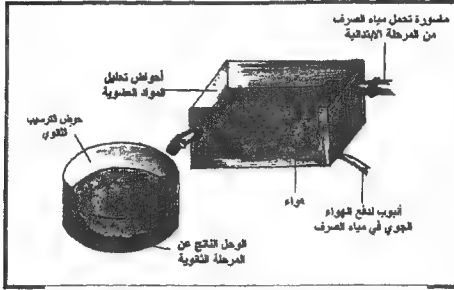
نوعية مياه الصرف بعد المعالجة التمهيدية

الخصائص	مياه الصرف الخام	بعد المعالجة التمهيدية
الأكسجين الحيوي المستهلك BOD₅	١١٥	٧٥
الكربون العضوي الكلي TOC	٦٥	٤٠
مواد صلبة عالقة	١٨٥	٧٥
النيتروجين الكلي	٤٣	٣٥
الفوسفور الكلي	١١	٧

٢-١-٥. المعالجة الابتدائية **Primary Wastewater Treatment**

تشمل المعالجة الابتدائية إزالة الأجسام الصلبة العالقة والمواد العضوية جزئياً باستخدام العمليات الفيزيائية كالترسيب والتسيب . ويمكن استعمال التهوية المسبقة والتبديد الميكانيكي بالمضافات الكيميائية لتحسين المعالجة الابتدائية التي تسبق المعالجة الثانوية . وتستهدف المعالجة الابتدائية إنتاج سائل مناسب للمعالجة البيولوجية وفصل الأجسام الصلبة بشكل حمأة يمكن معالجتها بطريقة سهلة واقتصادية قبل صرفها نهائياً.

ويضمّ هذا النوع من المعالجة العمليات البيولوجية كالمعالجة بالحماء المنشطة والمفاعلات ذات الغشاء الثابت، وأنظمة للبحيرات والترسيب. ويعد التطهير والتعقيم من وحدات وعمليات المعالجة الثانوية في كثير من محطات المعالجة بينما يعتبره البعض من عمليات المعالجة الثلاثية أو المتقدمة.



شكل ٢-٥ مخطط يبين مرحلة المعالجة الثانوية لمياه الصرف

٤-١-٥. المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة) Advanced Wastewater Treatment

تعرف عمليات المعالجة المتقدمة بأنها درجة خاصة من درجات المعالجة والتي تلي وتتبع عمليات المعالجة التقليدية الثانوية لازلة بعض المكونات والملوثات في مياه الصرف مثل المغذيات والمواد السامة وإية معدلات عالية غير طبيعية من المواد العضوية والمواد العالقة.

وفي هذه المرحلة، يُجرى عدد من العمليات الكيميائية والفيزيائية، للتخلص من مختلف الملوثات، التي لم يُتخلص منها في المراحل السابقة مثل الفسفور،

والنيروجين، والمواد العضوية الذائنة، وبعض العناصر المأمة. وينتج من هذه المرحلة ماء على مستوى عال من النقاء؛ إذ يُزال نحو ٩٩,٥ ٪ من المواد العالقة لصلبة، والنيروجين، والفوسفور، والزيوت العالقة والدهون . وتتضمن هذه العمليات: التثخن الكيماوي، والترسيب، الترويب بالكيماويات و التزغيب والطفو والترسيب الذي يلي الترشيح والترشيح الرملي، والامصاص الكربوني، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي .

وتُضاف مركبات الحديد والألومنيوم والكالسيوم، إلى ماء الصرف الصحي، فينتج، عند ذلك، تغير في صفات الماء، بما يؤدي إلى تلاحق الجسيمات، العالقة في سائل الصرف الصحي، بعضها ببعض، مكونة كتلاً صلبة أكبر حجماً، تترسب، فيُتخلص منها. وتسمى هذه العملية "عملية التثخن الكيماوي بغرض الترسيب" (Chemical Coagulation and Sedimentation).

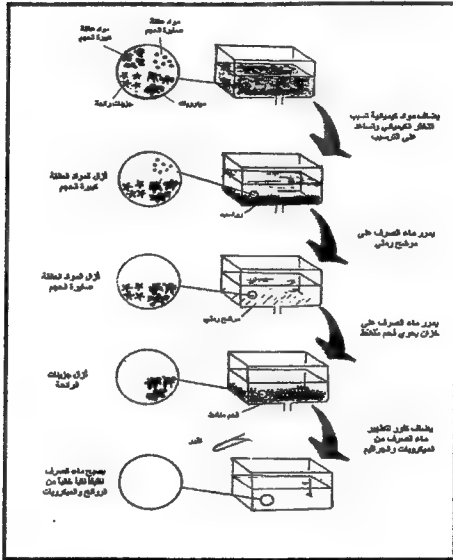
ثم يمرر سائل الصرف الصحي، على مرشحات، تحتوي على طبقات من الرمل، سمكها نحو نصف متر. وتسمى هذه العملية "عملية الترشيح الرملي" (Sand Filtrating).

وللتخلص من الروائح الكريهة، يمرر سائل الصرف الصحي، على خزانات، تحتوي على الفحم المنشط، الذي يتحد بجزيئات الرائحة الكريهة. ويتبقى، في النهاية، أملاح، بتركيزات عالية، يُتخلص منها بعمليات التبادل، الأيوني والأموزي العكسي.

وتتم عمليات التبادل الأيوني والتناضح العكسي لازالة وتخفيض نسبة الاملاح الذائبة ، وتستخدم المعالجات المتقدمة الخاصة في حالات وتطبيقات منها كثيرة من اعادة وتكوير مياه الصرف للاستصلاح الزراعي وشحن المخزون الجوفي بالماء وأستخدام المياه الناتجة في التبريد والصناعة.

ونقلل الميكروبات المعدية، بوضع الكلور، بتركيز ١٠٠ ملجم/ لتر لمدة تراوح بين

١٥ و ١٢٠ دقيقة. وبذلك، يتحول سائل الصرف الصحي ، إلى مياه علي درجة عالية من النقاء خالية من السمية والعدوى.



شكل ٥-٣ مخطط يبين مرحلة المعالجة المتقدمة لمياه الصرف

٥-١-٥. معالجة مياه الشبكات الممتعة Treatment of Combined Sewer

Overflows

الشبكة الممتعة تتألف من المياه الممتعة من شبكة السيول والمطار ومياه الصرف الصحي العامة ، وهذا الخليط من مياه السيول والمجاري المنزلية يكون غالبا فيه تركيز الملوثات أقل من تركيزها في مياه الصرف الصحي المنزلية او مياه الصرف الصناعي اي تكون مخففة نسبيا ، وهذا يتوقف غالبا علي كمية الامطار الساقطة علي المدينة والممتعة في الشبكة العامة .

ومعالجة مياه الشبكات الممتعة تختص وتركز علي التخلص من المواد العالقة والكائنات المسببة للمرض لانخفاض نسبة المواد العضوية في هذه المياه . ويتم التخلص من المواد العالقة بأحواض إزالة الرمال ثم الترسيب ويعقبها التطهير والتعقيم بالكلورة .

٥-١-٦. معالجة المواد السامة وإزالة الملوثات الخاصة Toxic Waste

Treatment / Specific Contaminant Removal

هناك أنواع من مياه الصرف تحتوي علي مواد ذات سمية أو ملوثات خاصة مثل أنواع الصرف الصناعي التي تنتج كثير من العناصر السامة والعناصر شديدة التلوث والتي لها اثار بيئية شديدة علي محطات الصرف الصحي لو تسربت اليها بالاضافة الي انه يلزم لمعالجتها طرق وعمليات خاصة بكل مجموعة من الملوثات. تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة في عمليات المعالجة ؛ فضلا عن اثارها المدمرة علي البيئة وخاصة البيئة المائية.

ويزيد من صعوبة التحكم في هذه المواد العوامل الأتية :-

١- تنوع المواد السامة وكثرتها.

٢- صعوبة الكشف عن الملوثات السامة وتحديداتها وخاصة اذا كانت مركبات كيميائية معقدة وذات وزن جزيئي كبير.

٣- عدم توافر الخواص الكيميائية الدقيقة لمركبات كثيرة من المواد السامة

٤- صعوبة التنبؤ بنتيجة المؤثرات المحتملة لخليط من المواد السامة وخاصة علي المدى القصير أو المتوسط .

والمخلفات التي تنتج من الأنشطة الصناعية المختلفة لايد ان تدخل مرحلة معالجة تمهيدية ثم ابتدائية قبل ان تصرف هذه المخلفات علي شبكة للمجاري العامة ، حيث ان كثير من العناصر السامة الموجودة في هذه المخلفات يمكن ان تعيق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي اذا صرفت علي الشبكة العامة قبل المعالجة.

فمثلا المواد السامة مثل العناصر الثقيلة تدخل مرحلة معالجة فيزيائية وكيميائية مثل الترويب والتجميع أو الطفو أو الترسيب والترشيح حتي يتم تخفيض تركيزها بدرجة كبيرة قبل المرور علي المعالجة الثانوية التقليدية مثل العمليات البيولوجية . والمياه التي تحتوي علي مركبات كربونية متطايرة يمكن معالجتها بالتهوية أو الأدمصاص علي الكربون المنشط ، ونسبة قليلة من الملوثات للصناعية يمكن ازالها بالتبادل الأيوني وذلك في ظروف خاصة.

٥-٢. المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف

الطرق الغير تقليدية لمعالجة مياه الصرف تتميز بانها طرق غير معقدة وتستغل الظروف الطبيعية لازالة كثير من الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي . ومن اشهر تلك الطرق معالجة مياه الصرف بالتربة والخزان الجوفي.

٥-٢-١. المعالجة بالتربة والخزان الجوفي

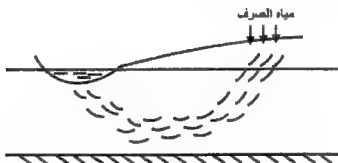
الوسط المسامي له قدرة علي الترشيح الطبيعي للمياه فتعمل التربة علي حجز الملوثات الدقيقة المحمولة مع جزيئات الماء والتي تحتجز علي مستوي الطبقات العليا للتربة حسب خصائصها (السمك - المسامية - ابعاد الحبيبات - معامل النفاذية).وعندما تتوفر الظروف المناسبة للتربة فان الشحن الجوفي خلال احواض الترشيح Infiltration Basin يمكن ان يكون فعالا في ازالة وحجز كثير من

الملوّثات الموجودة في مياه الصرف بترشيح المياه المعالجة جزئياً في التربة تتحرك إلى الخزان الجوفي . ويتم ذلك عندما تمر المياه خلال طبقات التربة والتي تعمل كمرشح طبيعي حيث تزيل كل من المواد العالقة والمواد القابلة للتحلل البيولوجي والبكتيريا والفيتروسات بالإضافة إلى خفض للنترات والفسفور والمعادن الثقيلة . وبعد مرور مياه الصرف خلال التربة ووصولها للخزان الجوفي فحركة المياه خلال الخزان الجوفي توفر تنقية إضافية للمياه فيعمل كل من التربة والخزان الجوفي كمرشحات طبيعية .

وهذا النظام من المعالجة هو نظام جيد فعال نظراً لأن المياه المسحوبة تكون رائقة وخالية من الروائح بالإضافة إلى أنها تسحب من بئر وليس من ماسورة صرف أو من محطة معالجة مياه صرف لهذا فإن المياه تكون قد فقدت دلالة وخواص مياه الصرف

أنواع المعالجة بالتربة والخزان الجوفي

توجد أنواع مختلفة من نظم المعالجة بالتربة والخزان الجوفي منها النظم الآتية:

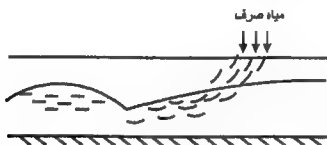


شكل ٤-٥ مخطط لنظام المعالجة بالتربة والخزان الجوفي المنخفض

أ- نظام المساحة المنخفضة

هو أبسط أنواع المعالجة وهو عبارة عن إلقاء المياه المعالجة على أحواض ترشح على أرض مرتفعة حيث تتحرك المياه خلال التربة إلى أسفل لتصل إلى الخزان

الجوفي الي مساحة منخفضة . هذه المساحة المنخفضة يمكن ان تكون منخفض طبيعي أو منطقة نز للمياه أو ينبوع أو مجري. وهذا النظام يعمل علي خفض التلوث للمياه السطحية بلا من صرف مياه الصرف مباشرة الي مجري مائي أو بحيرة.



شكل ٥-٥ مخطط لنظام المعالجة بالتربة والخزان الجوفي

ب- نظام للمساحة المنخفضة مع التجميع
وهو يشبه النظام السابق فتلقي المياه في أحواض ترشح علي مستوى مرتفع لتعالج بالتربة - الخزان الجوفي ومياه الصرف المعالجة تجمع بواسطة مصفاة تجميع زراعية كما في حالة الصرف الزراعي للأرض الزراعية .

٥-٢-٢. المعالجة اللامركزية لمياه الصرف كأحد التقنيات الغير تقليدية للمعالجة
من الطرق الحديثة لمعالجة مياه الصرف هي الطرق اللامركزية لمعالجة وتدوير مياه الصرف وتتميز المعالجة اللامركزية بالاتي :

١. صغر المساحة اللازمة للمشروع ككل مما يوفر مساحة كبيرة من الأرض غالية الثمن .
٢. التكاليف الاقتصادية للمشروع ليست كبيرة.
٣. سهولة التشغيل والصيانة .
٤. عدم الحاجة الي عمالة كثيرة لإدارة المشروع .
٥. إمكانية استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة .

٦. ٦- هناك قيمة اقتصادية مضافة تتمثل في استخدام المياه المعالجة في الزراعة -المزارع السمكية وإنتاج السمك - عمليات النظافة .

٧. القيمة الاقتصادية من استخدام السماد العضوي المنتج في تسميد الأرض الزراعية.

مثال لأحد المشاريع اللامركزية لمعالجة مياه الصرف لأحد الفنادق

تتكون محطة المعالجة من ثلاث أجزاء رئيسية متصلة ببعضها

١- الجزء الأول عبارة عن حوض يتم فيه عمليات النترنة Nitrification

وعكس النترنة Denitrification حيث تتم إزالة النتروجين والمواد

النتروجينية من خلال عمليات النترنة وعكس النترنة والتي يتم التحكم فيها من

خلال نظام حقن الهواء أو وقف التهوية.

٢- الجزء الثاني يتكون من صفيين أو عامودين من المرشحات البيولوجية حيث

يتم داخلهما الأكسدة البيولوجية للمواد العضوية فيحدث إزالة للمواد العضوية

سواء بطيئة التحلل البيولوجي وسريعة التحلل البيولوجي .

٣- الجزء الثالث يتكون من غشاء يسمى غشاء الترشيح الغائقي جد Nanofilter

فيتراوح مسامه بين ٠,٠٠١ إلى ٠,٠١ ميكرون يحجز المواد العالقة و

البكتريا والفيروسات والمواد الناتجة عن ايض الكائنات الممرضة وبعض

الأيونات مثل الأيونات الكبيرة (الحديد والمنجنيز) والعناصر الثقيلة

والمبيدات ومبيدات الأعشاب وكثير من المواد العضوية صعبة التحلل وعملية

الترشيح الغائقي هي عملية فيزيائية تعتمد علي حجز الملوثات بالترشيح خلال

المسام الميكرونية الدقيقة جدا.

وبلاحظ ان المشروع يعتمد علي المعالجة الفيزيائية والبيولوجية دون الحاجة الي

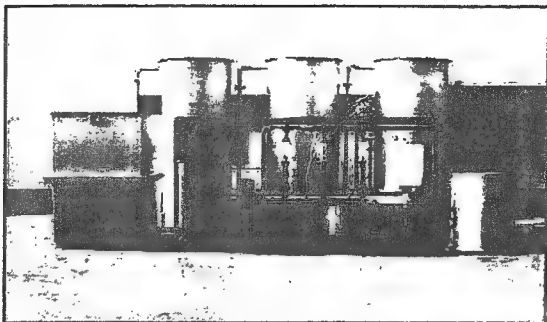
إضافة كيماويات مما يقلل من التكلفة ويقلل من مخاطر تولد كيماويات ضارة بيئيا .

والجدول التالي يبين نسب إزالة الملوثات خلال الثلاث مراحل من مشروع المعالجة

ومجال استخدام المياه الناتجة عن كل مرحلة .

جدول ۲-۵

Description of the Decomposition	Unit	Module1	Module2	Module3 nanofiltration unit
Capacity / Day	m ³	100	100	100
Organic substances (quick decomposition)		5% ^۸	%۰.۷۹	%۱۰
Organic substances (slow decomposition)		>60%	>80%	>90%
Organic substances (Indecomposable)		0%	0%	>90%
Metabolites		0%	0%	90-95%
Ca, Mg		0-10%	0-10%	>80%
Sulphate		0%	0%	>80%
Ammonia		>95%	>99%	100%
Nitrite		>95%	>99%	100%
Nitrate		>50%	>70%	>90%
Phosphate		0-10%	0-10%	>99%
EDTA		0-10%	0-10%	>99.9%
Bacteria		>99%	99.9%	100%
UDG (Germ Developing Units)	Germs / ml	10 ⁶	10 ³	0
Viruses		>99%	>99.9%	100%
BOD		>90%	>95%	97%
COD		>50%	>90%	>96%
Particles		>98%	>99.5%	100%
Application		Discharge into lakes and rivers	Irrigation , toilet, cooling water, process water	pools, shower, laundry



صورة لمشروع المعالجة المركزية سعة ٤٠٠ م^٣

٣-٥. معالجة الحمأة Sludge Processing

تحتوي حمأة المجاري على أجسام صلبة عضوية وغير عضوية توجد أصلاً في المخلفات والفضلات الحام وتزرع خلال التصفية الأولية، وعلى أجسام صلبة عضوية تنتج خلال المعالجة الثانوية أو البيولوجية وتزرع في مرحلة التصفية الثانوية أو التكميخ المنفصل. ويتخذ الحمأة شكل سائل أو سائل شبه صلب تتراوح فيه نسبة المواد الصلبة بين ٠,٢٥ و ١٢ في المائة من الوزن، حسب عملية المعالجة المستخدمة. وتعتبر عمليات مناولة ومعالجة وصرف الحمأة معقدة بسبب المحتويات الكريهة الموجودة فيها والتي تتغير حسب مصدر مياه الصرف وعمليات المعالجة المطبقة. وتستخدم عمليات التكميخ والتجفيف ونزع المياه والتجفيف لنزع الرطوبة من الحمأة، بينما تستخدم عمليات الهضم والتسميد والحرق والأكسدة بالهواء الرطب والمفاعلات ذات الماسورة الرأسية لمعالجة الحمأة أو تثبيت المواد العضوية فيها.

ولابد من الاخذ في الاعتبار ومراعاة طرق معالجة الحماة الصلبة في تصميم محطات الصرف الصحي حيث ينتج من عمليات المعالجة كميات من المواد الصلبة في صورة حياء نشطة يجب معالجتها وتنشيتها للحصول على مواد ثابتة يمكن الاستفادة منها كسماد او يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا .

وعموما فان معظم مشروعات معالجة مياه الصرف تشمل بعض أو كل من مراحل المعالجة التي يوضحها الجدول التالي:

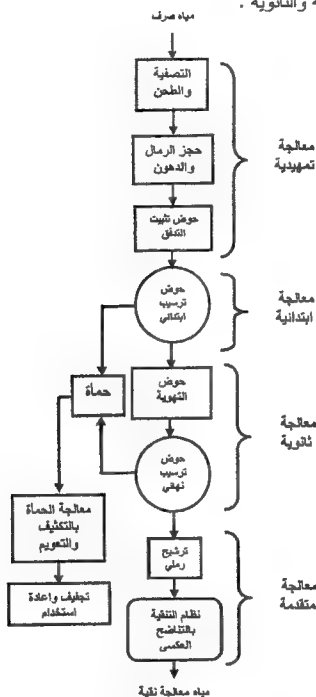
جدول ٣-٥

مراحل معالجة مياه الصرف

المعالجة التمهيدية (الاولى)	يتم التخلص وإزالة المواد الثقيلة والكبيرة الحجم بالطرق الفيزيائية والطبيعية.
المعالجة الابتدائية	يتم ترسيب المواد العالقة وبعض المواد العضوية وإزالة المواد الطافية.
المعالجة الثانوية (البيولوجية)	أكسدة وتنشيط المواد العضوية الذائبة وتحولها الى نواتج نهائية ثابتة بسيطة.
المعالجة الثلاثية (المتقدمة)	إزالة بعض الجسيمات والمواد الدقيقة واستعادة لبعض العناصر الموجودة في المياه وتنقية أكثر للمياه الناتجة.

معظم مشاريع المعالجة لمياه الصرف الصحي والتي تصرف فيها المياه المعالجة بصورة امنة بيئية علي المسطحات البيئية أو تستخدم المياه المعالجة في الري أو الزراعة فانها تتكون من وحدات تمهيدية وابتدائية فيزيائية ثم يتبعها معالجة بيولوجية (كأحد أهم المراحل الثانوية للمعالجة) أما استخدام المراحل المتقدمة الثلاثية فذلك يتم بصورة قليلة في مشاريع معالجة مياه الصرف الصحي ويتم تحت ظروف خاصة .

والشكل التالي لمخطط بصف مشروع معالجة مياه الصرف الصحي به المراحل التمهيدية والأبتدائية والثانوية .



شكل ٦-٥ مخطط لأحد مشاريع معالجة مياه الصرف يبين مراحل المعالجة المختلفة

مراحل المعالجة وتخفيض الحمل الوبائي

١- خلال مرحلة المعالجة التمهيدية (الأولية) تتخفص تركيز وكميات الكائنات الممرضة بنسبة بسيطة لا تتجاوز ١٥ % اذا تنحصر وظيفة ودور هذه المرحلة في التخلص و إزالة المواد الثقيلة والكبيرة.

٢- في مرحلة المعالجة الأبتدائية تتخفص الممرضات بدرجة معقولة اذا يزيل الترسيب الأبتدائي ٢٥ - ٧٥ % من البكتريا و ٨٠- ٨٥ % من الفيروسات والديدان.

٣- خلال المعالجة الثانوية (البيولوجية) يتم إزالة أكثر من ٩٥ % من الكائنات الممرضة .

٤- في المعالجة الثلاثية (المتقدمة) تصل نسبة الازالة للكائنات الممرضة التي أكثر من ٩٩,٩٩ % .

٤-٥. مثال تطبيقي عملي لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف

المثال التالي هو مثال لمشروع صرف صحي متكامل يعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية روعي فيه المعايير البيئية والاقتصادية والاسس الفنية ، والشكل التالي يمثل نموذجا لمحطة صرف صحي تشمل أنواع المعالجة الثلاثة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية.

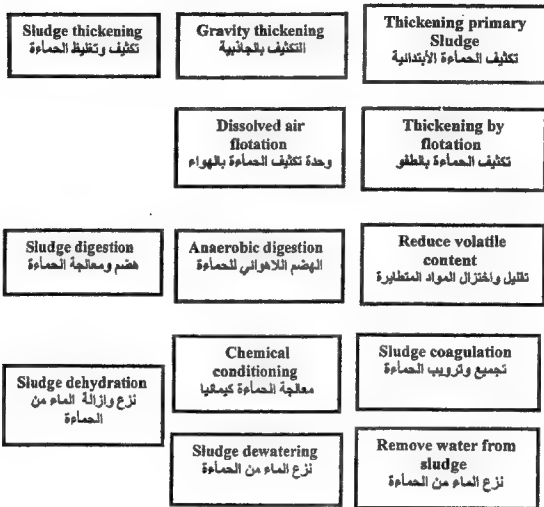
وهي لمحطة داخل جمهورية مصر العربية بسعة تنقية ٨٠٠ ألف متر مكعب يوميا ، وتتم المعالجة في تلك المحطة بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية ، وتحتوي علي الوحدات التمهيدية والأبتدائية والمعالجة الثانوية البيولوجية .

كما تتميز باحتواها علي أحواض للترسيب الأبتدائي ، ووجود الهاضمات اللاهوائية لهضم وتثبيت الحمأة وتحويلها الي مكونات يسهل الاستفادة منها. كما يتم التطهير بغاز الكلور للمياه المعالجة . ويتم تشغيل جزء من طاقة المحطة الكهربائية عن طريق غاز الميثان المتولد من هضم الحمأة والذي يدار به مولدات كهربية تمد المحطة ب ٦٠ % من طاقتها.

معالجة مياه الصرف
Wastewater Treatment

Treatment Type نوع المعالجة	Treatment Name طريقة المعالجة	Function الغرض من المعالجة
Pre-treatment معالجة تمهيدية	Screening التصفية الميكانيكية	remove roots, rags, cans and large debris. إزالة فروع الأشجار وقطع الصفيح والصخور الكبيرة
	Grit and grease removal إزالة الرمال والدهون	Remove sand, gravel and grease. إزالة الرمل والحصى والدهون
	Flow metering	Measure and record flow قياس معدل التدفق اليومي
	Sedimentation and flotation الترسيب والطفو	Remove settleable and floatable materials إزالة المواد القابلة للترسيب والطفو
Primary - treatment معالجة ابتدائية	Activated Sludge طريقة الحمأة المنشطة	إزالة المواد العالقة والمواد القابلة للتحلل بيولوجيا
Ssecondary - treatment معالجة ثانوية	Desinfection التطهير	Kill pathogenic organisms قتل الكائنات الممرضة

معالجة الحمأة (الرواسب) Sludge Treatment



شكل ٧-٥ مخطط لكافة عمليات معالجة مياه الصرف ومعالجة الحمأة

وصف المراحل معالجة للمشروع

في هذه المشاريع من مشاريع المعالجة تعتمد علي المعالجة البيولوجية لمياه الصرف بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية ، حيث صممت شبكة المجاري بحيث تجمع مياه المجاري وتحفظ سرعتها بسرعة لا تقل عن ٦٠ سم في الثانية حتى

يمكن حمل المواد الثقيلة مثل الرمل والطيني والزلط الي محطة المعالجة دون ان تترسب في مواسير الشبكة .

تدخل مياه المجاري محطة المعالج بعد رفعها بطللمبات رفع قوية وضخها في شبكة المجاري حتي تصل لمحطة المعالجة حيث تجمع المجاري من محافظة القاهرة .

وتمر المياه عند دخولها المحطة الي وحدات ضخ المدخل حيث يتم رفعها بطللمبات حلزونية وتضخ الي وحدات المعالجة التمهيدية والتي تتكون من مصافي ميكانيكية تنظف اتوماتيكيا والتي تقوم بازالة فروع الاشجار وقطع الصفيح والصخور الكبيرة ثم وحدات حجز الرمال والحصى وازالة وحجز الدهون، والرمال التي حجزت في احواض حجز الرمال تمر علي وحدة تصنيف وغسل الرمال لشطفها وغسلها من المواد العضوية التي قد تكون التصفت و علقت بها والدهون التي طفت وتجمعت من وحدات حجز الدهون يتم للتخلص منها والقاوها بطرق مناسبة.

وتمر مياه الصرف الصحي التي مرت علي وحدات المعالجة التمهيدية الي محطة ضخ ورفع ، حيث تضخ المياه الي وحدات الترسيب الأبتدائي الدائرية الشكل وهي من وحدات المعالجة الأبتدائية ، وداخل احواض الترسيب الأبتدائي يتم ترسيب المواد القابلة للرسوب والمواد الطافية في قاع الأحواض وتمر المياه الي وحدات وغرف توزيع تمهيدا لذهابها الي احواض التهوية وهي المفاعلات التي يتم فيها العمليات البيولوجية حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة باكسدة المواد العضوية في وجود الأكسجين (الذي يضخ من وحدات نافخات الهواء) ويقع عبء المعالجة الاكبر علي البكتريا الهوائية .

في احواض التهوية يتم مزج المياه القادمة من احواض الترسيب الأبتدائي بما فيها من غذاء (المواد العضوية) والحماة القادمة للعائدة من احواض الترسيب النهائي

والتي تحتوي علي حمأة نشطة بها ملايين من الكائنات الحية الدقيقة النشطة بيولوجيا (العمال)، ويعرف هذا الخليط بالسائل المخلوط .

ثم يخرج هذا السائل المخلوط من أحواض التهوية لينتقل الي أحواض الترسيب النهائي (المروقات)، حيث تقوم الندف المتكونة المتجمعة مع بعضها بالاتصاق مع المواد العالقة الدقيقة الصغيرة مما يزيد من وزنها وتبدأ في الرسوب بسهولة في المروقات تاركة المياه راتقة بما يعرف بالمياه المعالجة الناتجة .

المياه الراتقة الناتجة من المروقات تذهب الي وحدات التطهير بالكور (الكلورة) حيث يتم حقن غاز الكلور في هذه المياه بمدة تلامس تتراوح من ٢٠ الي ٣٠ دقيقة ، وبعد تطهير المياه تصبح جاهزة لاستخدامها في اغراض متعددة كالري والزراعة.

مسار المواد الصلبة (الرواسب) وهي ما تعرف بالحماة

الرواسب المتجمعة في قاع أحواض الترسيب الابتدائي تعرف بالحماة الابتدائية تذهب الي وحدات التكثيف والتغليظ (المكثفات) حيث تكثف ويزاد تركيزها بفعل الجاذبية الأرضية .

لما الرواسب المتجمعة في قاع أحواض الترسيب النهائي يتم ضخها الي وحدات تركيز الحمأة بالطفو (وهي وحدات بضغط فيها الهواء ويصبح هواء مضغوط يقوم بتعويم و بفصل الحمأة وتصعد لاعلي وتنزل المياه المفصولة الي اسفل وبهذا يتم تكثيف الحمأة وزيادة تركيز المواد الصلبة بها عن طريق الهواء المذاب المضغوط. الرواسب الصلبة التي تم تركيزها في المكثفات تلتقي مع الرواسب الصلبة التي تم تركيزها بالهواء المضغوط المذاب في حوض تجميع يسمى حوض الخلط ، ويتم خلطها جيدا في هذا الحوض ، ثم تضخ السي وحدات التخثير (الهاضمات اللاهوائية) لاختزال وتقليل المواد الصلبة المتطايرة من الحمأة الداخلة .

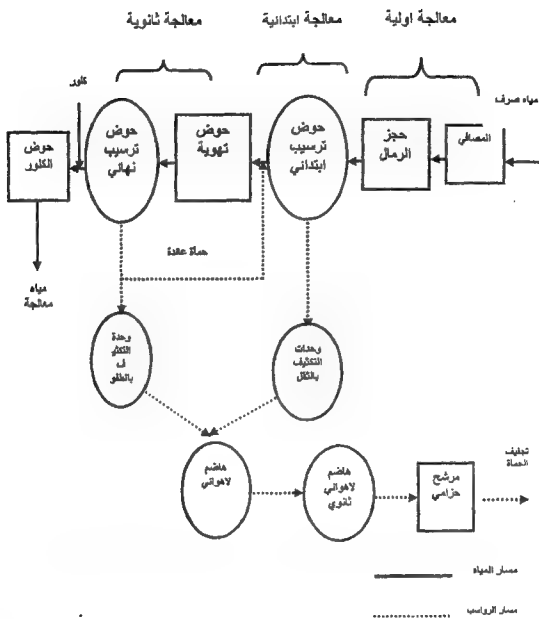
ويتم هضم الحمأة (الرواسب الصلبة) لاهوائيا بفعل البكتريا اللاهوائية وينتج احماض عضوية كمرحلة اولي ثم تتحول تلك الاحماض الي غازات مثل الميثان والذي يمثل حوالي ٧٠ % من مجموع الغازات المتكونة مثل غاز ثاني اكسيد الكربون وغاز النيتروجين وغاز الهيدروجين .

ويتم سحب هذه الغازات المتكونة من اعلي الهاضمات الي خزان تجميع الغازات ، ويستعمل غاز الميثان كوقود في المحطة فيقوم بتشغيل مولدات تدار بغاز الميثان والكبروسين وبهذا يتم تشغيل ٧٠ % من طاقة المحطة باستهلاك غاز الميثان المتكون من الهاضمات .

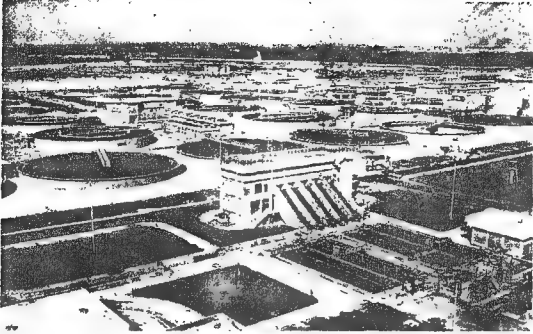
الحمأة الخارجة من الهاضمات اللاهوائية تذهب الي وحدات التجفيف بالمرشحات المضغوطة لفصل الماء منها حيث تضغط في قوالب بعد اضافة مواد كيميائية بوليمرات لسهولة تجميعها وفصل الماء منها .

تخرج الحمأة بتركيز ٢٥ % مواد صلبة جافة ، يتم الاستفادة منها في التسميد والزراعة.

والشكل التالي يبين مخططا لعمليات المعالجة لمشروع صرف صحي متكامل بنظام الحمأة النشطة التقليدية.



شكل ٨-٥ مخطط لعمليات المعالجة لمشروع صرف صحي متكامل بنظام الحماة النشطة



صورة لأحد مشاريع الصرف الصحي المتكاملة

٥-٥. إزالة الملوثات من خلال مراحل المعالجة

في مراحل المعالجة المختلفة سواء كانت فيزيائية أو كيميائية يتم تخفيض وإزالة للملوثات العضوية وغير العضوية من مرحلة لمرحلة فمرحلة المعالجة التمهيدية تزيل من ١٠ إلى ١٥ % من الملوثات . ومرحل للمعالجة الابتدائية تصل الإزالة والتخلص من ٣٠-٤٠ % وقد تصل إلى ٦٠ % حسب مكونات مياه الصرف . وفي المراحل الثانوية يتم التخلص من ٩٠ % من الملوثات بينما تحقق المعالجة الثلاثية المتقدمة درجة إزالة تصل إلى ٩٩ % .

وبين الجدول التالي خولص للمياه المعالجة الناتجة من عمليات المعالجة بدرجاتها المختلفة

جدول ٤-٥

خواص المياه المعالجة

طريقة أو درجة المعالجة Treatment process	الأكسجين الحيوي المستهلك BOD mg/l	المواد الصلبة العالقة T.S.S mg/l	البكتريا القولونية Coliform (Per 100 ml)	الأكسجين الكيميائي المستهلك COD mg/l
مياه المجاري الخام متوسطة الى قوية التركيز	٣٠٠	٢٧٠	١٠,٠٠٠,٠٠٠	٤٥٠
معالجة بالتصفية الدقيقة	٢٨٥-٢٧٠	٢٥٠-٢١٥	١٠,٠٠٠,٠٠٠	٤٣٠-٤٠٥
تطهير مياه المجاري الخام بالكلور	٢٥٥-٢١٠	-	١,٠٠٠,٠٠٠	-
ترسيب ابتدائي	٢٥٥-١٨٠	١٦٠-٩٠	٥,٠٠٠,٠٠٠	٣٦٠-٢٩٠
الترسيب الكيميائي	١٥٠-٤٥	٨٠-٣٠	٦,٠٠٠,٠٠٠	٢٧٠-١٣٥
المرشحات	١٥٠-١٥	١٣٥-٢٠	٨٠٠,٠٠٠	٢٢٥-٩٠
المعالجة بالحماة المنشطة + ترسيب نهائي	١٣٥-١٥	١٢٠-١٥	١٠٠,٠٠٠	٢٢٥-٩٠
المعالجة بالحماة المنشطة + ترسيب نهائي ثم ترشيح رمل	١٠ من	١٠ من	-	٧٠ من
بحيرات الأكسدة مدة المكث اكثر من ٢٠ يوم	٣٠-١٥	٤٠-١٥	-	١٣٥-٩٠
تطهير المياه المعالجة بالكلورة	-	-	٢٠-١٠	-

ومن خلال الجدول السابق يمكن استنتاج ما يلي :

١- مرحلة التصفية الدقيقة تم ازالة :

- ١٠-٥ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٨ - ٢١ % من المواد العالقة.

- ١٠-٤ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٢- تطهير مياه المجاري الخام بالكlor تم ازالة :

- ٣٠-١٥ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٩٠ % من البكتريا القولونية.

٣- مرحلة الترسيب الابتدائي تم ازالة :

- ٤٠-١٥ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٤١ - ٦٧ % من المواد العالقة.

- ٥٠ % من البكتريا القولونية.

- ٣٦-٢٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٤- عن طريق مرحلة الترسيب الكيميائي تم ازالة :

- ٨٥-٥٠ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٧٠ - ٨٨ % من المواد العالقة.

- ٤٠ % من البكتريا القولونية.

- ٧٠-٤٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٥- عن طريق التنقية بالمرشحات تم ازالة :

- ٩٥-٥٠ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٥٠ - ٩٢ % من المواد العالقة.

- ٩٢ % من البكتريا القولونية.

- ٨٠-٥٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٦- مرحلة المعالجة بالحماة المنشطة ثم يعقبها ترسيب نهائي تم ازالة:

- ٩٥-٥٥ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٥٥ - ٩٤ % من المواد العالقة.

- ٩٩ % من البكتريا القولونية.

- ٨٠-٥٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٧- مرحلة المعالجة بالحماة المنشطة ثم يعقبها ترسيب نهائي ثم ترشيح رملي تسم ازالة :

- أكثر من ٩٧ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- أكثر من ٩٦ % من المواد العالقة.

- أكثر من ٨٤ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٨ - معالجة بالبحيرات الأكسدة مدة المكث أكثر من ٢٠ يوم يتم ازالة :

- ٩٥-٩٠ % من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.

- ٨٥-٩٤ % من المواد العالقة.

- ٨٠-٧٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٩- تطهير المياه المعالجة بالكلورة وفيها تم التخلص من أكثر من ٩٩,٩٩ % من البكتريا القولونية

٥-٦ طرق المعالجة مميزاتها وعيوبها

لكل طريقة من طرق معالجة مياه الصرف الصحي مميزاتها من حيث التشغيل والناحية الاقتصادية ومدى ملائمتها لاستخدامات معينة ، ولكل طريقة عيوبها والتي تحد من استخدامها في ظروف معينة. والجدول التالي يبين بعض طرق المعالجة ومميزاتها وعيوب كل طريقة .

جدول ٥-٥

طرق المعالجة المميزات والعيوب

طريقة المعالجة	المميزات	العيوب	مؤشرات التشغيل
المعالجة الأولية بالمصافي فقط	- إزالة الجزيئات العالقة الكبيرة الحجم وبالتالي تقليل الحمل العضوي - تجانس السريان	انسدادات - مشاكل من عدم التنظيف المستمر كتراكم بعض المواد امام المصافي	المواد العالقة الكلية
أحواض الترسيب	سهولة التشغيل ثبات عملية المعالجة (تقليل الحمل المفاجيء)	قد يسبب عدم التحكم الصحيح على خزانات الترسيب إلى حمل زائد في المواد الصلبة و BOD تتطلب مساحة كبيرة	المواد العالقة الكلية الأكسجين الكيميائي المستهلك
الحماة النشطة التقليدية	تتطلب مساحة صغيرة لا توجد مشاكل من الذباب	- ارتفاع استهلاك الطاقة تراكم الحماة حاجة لمعالجة ماهرة للتشغيل	MLSS - MLVSS - مستوي الأكسجين الذائب
التعويم بالهواء (DAF)	- إزالة كلا من الزيوت الحرة والمستحلبة - إزالة كلا من المواد الصلبة العائمة (الطافية) والراسبة وتكثيف الحماة بالطفو - إمكانية إزالة جميع الجزيئات الصغيرة والخفيفة في وقت قصير	زيادة نسبية لكمية الحماة النهائية	- الزيوت والشحوم - المواد العالقة الكلية - الأكسجين الكيميائي الممتص - المواد الصلبة الجافة

الباب السادس

إدارة مياه الصرف المعالجة

١-٦. مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة

١-٦-١. أولا الري والزراعة واستصلاح الأراضي الجديدة

١-٦-٢. ثانيا استخدام المياه المعالجة في الأنشطة

الترفيهية

١-٦-٣. ثالثا استخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه

الجوفية

١-٦-٤. رابعا الاستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة

١-٦-٥. خامسا استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في

الشرب

١-٦-٢. إعادة استعمال المياه الرمادية

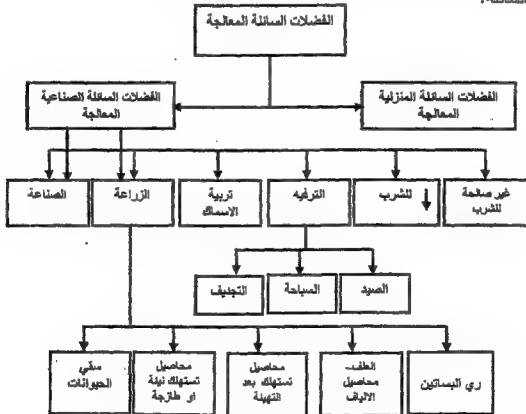
١-٦-٣. الاتجاهات والاهتمامات الجديدة لإعادة استخدام مياه

الصرف

الباب السادس

إدارة مياه الصرف المعالجة

تستخدم مياه الصرف البلدية المعالجة بالدرجة الأولى لريّ المناطق الزراعية والمناظر الطبيعية، أما المياه المعالجة ثانوياً فتستخدم لتغذية طبقات المياه الجوفية، ولإستخدامات ترفيهية . كما يمكن إعادة تدوير هذه المياه في الصناعة وهناك بعض الدول تستخدم مياه الصرف المعالجة ثلاثياً بتقنيات متقدمة في الشرب. وفي حال عدم استخدامها، تصرف عادة في جسم مائي، وتعمل الأنظمة والمباني التوجيهية والسياسات البيئية على ضمان الشروط الملائمة لصرف مياه الصرف المعالجة . ويبين الشكل التالي الاستخدامات المختلفة للمياه المعالجة للمخلفات السائلة.



شكل ١-٦ استخدامات المياه المعالجة

٦-١. مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة

أدى الطلب العالمي المزايد علي المياه الصالحة للاستعمال الي التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق والبحث عن مصادر بديلة غير تقليدية للحصول علي المياه ونظرا لان كميات المخلفات السائلة المتولدة من أنشطة الانسان المتعددة لذا فأتجه التفكير الي الاستفادة من هذه الكميات من خلال تدويرها واعادة استخدامها . وتعد إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من طرق استغلال المياه التي تلاقى قبولاً ملحوظاً في الآونة الأخيرة . وتنوعت ايضا مجالات استخدام مياه الصرف للمعالجة ونظماً طبقاً لدرجة معالجة ونقاء هذه المياه ، وعموما تعد المجالات الآتية من اهم مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة:

١- استخدام المياه في الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة.

٢- استخدام المياه المعالجة في الأنشطة الترفيهية.

٣- استخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه الجوفية.

٤- الاستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة.

٥- استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب.

٦-١-١. أولا الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة

يمكن إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة لري المحاصيل والمناظر الطبيعية والحدائق العامة والمتنزهات وتعتبر نوعية المياه المعالجة وملاءمتها لنمو الزرع العامل الأساسي في هذا التطبيق . ولبعض مكونات المياه المسترجعة أهمية خاصة في الري الزراعي، ومنها التركيزات المرتفعة للمواد الصلبة الذائبة والمواد الكيميائية السامة والكلور والمغذيات . ومن الاعتبارات البالغة الأهمية أيضاً للمخاطر التي يطرأها، على الصحة والسلامة العامة، احتمال وجود عوامل مرضية جرثومية، وديدان وكائنات وحيدة الخلية وفيروسات. وتختلف أهمية هذه العوامل حسب

الاستخدام في الري ودرجة التلامس البشري . ومن العوامل المقيدة لاستخدام المياه العادمة المعالجة في الري تسويق المحاصيل ونقل العامة، وتلوث المياه السطحية والجوفية، وارتفاع تكاليف ضخ المياه المسترجعة إلى الأراضي الزراعية.

الآثار الجانبية لاستخدام مياه الصرف الصحي في الري

لأستخدام مياه الصرف الصحي في الري والزراعة بعض المحاذير منها : -

- تعرض العمالة الزراعية والثروة الحيوانية لآخطار التلوث .
- احتمال تلوث المياه الجوفية .
- احتمال تلوث المياه السطحية.
- تغير خصائص التربة وتلوثها.
- احتمال تلوث المحاصيل والزرعات.
- نمو وتكاثر الحشرات والقوارض.

أهمية معالجة مياه الصرف قبل استخدامها في الري والزراعة

يوصي الباحثين والعلماء بضرورة القيام بمعالجة ثانوية لمياه الصرف الصحي على الأقل قبل ري الأراضي بالمياه وذلك للأسباب الآتية : -

- (أ) تأثير مكونات مياه المجاري الخام على التربة وعلى صلاحيتها للزراعة .
- (ب) زيادة العناصر التسميدية في مياه المجاري وتأثير ذلك على نمو النباتات وإنتاجيته الزراعية .

(ج) وجود العناصر التسميدية في صورة غير ملائمة لما يحتاجه النبات .

(د) المعالجة الثانوية للمياه تقوم بتحويل المواد العضوية النتروجينية الي مركبات أبسط مثبتة يمكن للنبات الاستفادة منها بصورة أفضل ، مثل تحويل البروتينات الي أمونيا والأمونيا الي نترات من خلال عمليات الأكسدة .

(يرى بعض الباحثين ان المكون النتروجيني في مياه الري ليس ضروريا ان يكون في صورة نترات اذ تستطيع بعض النباتات كالذرة والشعير والقمح امتصاص الأمونيا مباشرة ، علاوة علي ان الأمونيا قد تتحول الي نترات داخل مسام التربة). في حالة استخدام المياه الناتجة من المعالجة الابتدائية في الري ، فانه يفضل استخدام أحواض امهوف التي يتم فيها هضم الرواسب العضوية الي جانب ترسيبها للرواسب الصلبة ، وهذه المعالجة تسمح باستخدام المياه في الري لارتفاع القيمة التسميدية لهذه المياه .

في حالة استخدام المياه الناتجة من بحيرات الأكسدة، فانه يفضل تشغيل تلك البحيرات علي التوالي لان ذلك يخفض نسبة كبيرة من البكتيريا الضارة وللحصول علي مياه تحتوي علي أقل نسبة من البكتيريا فإنه يمكن استخدام بحيرات لتحسين خواص المياه Maturation Ponds كبحيرات اضافية تصب فيها مياه المجاري بعد المعالجة ، أو اضافة الكلور بتركيز مناسب .

وإستخدام البحيرات الاضافية له فوائد منها :

أولا تحسين حالة المياه حيث يتم القضاء والتخلص من معظم البكتيريا الضارة والطفيليات.

ثانيا استخدام هذه البحيرات في التخزين والموازنة بين المياه المعالجة الخارجة باستمرار من البحيرات ، وبين احتياجات مياه الري المتقطعة والمطلوبة فقط في اوقات الري .

وبطابق لدرجة المعالجة تتحدد نوعية النباتات التي يتم زراعتها بهذه المياه ، حيث ان درجة المعالجة تحدد خواص المياه الناتجة ومدى ملائمتها لنوعية معينة من النباتات وايضا مدى صلاحية الانتفاع بهذه النباتات فيما بعد .

اهمية تطهير المياه المعالجة قبل استخدامها في الري

دلت الابحاث الحديثة خطورة استخدام مياه الصرف المعالجة قبل تطهيرها والتخلص من معظم الكائنات الممرضة بها وذلك لأن الآثار الجانبية ليست في امكانية تأثر صحة الإنسان بهذه الملوثات فقط ولكن ايضا لان الكائنات الممرضة يمكنها ان تعيش مدد وفترات طويلة بالتربة تمتد لايام وتصل الي شهور مما يضاعف خطورة أستعمالها في الري والزراعة ، لذلك من الهام جدا تطهير المياه المعالجة قبل أستخدامها في الري والزراعة.

والجدول التالي يبين الفترات مدة البقاء بالايام التي تعيشها بعض الكائنات الممرضة في المياه العذبة والتربة.

جدول ١-٦ مدة بقاء الكائنات الممرضة في المياه العذبة والتربة.

Ty pe of pathogen	Survival Time of Pathogens (in days unless otherwise indicated)	
	In Freshwater and Sewage (At 20 - 30 ° C)	In Soils (at 20°C)
Viruses Enteroviruses	Up to 120 but usually less than 50	Up to 100 but usually less than 20
BACTERIA		
Fecal coliform	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Salmonella	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Shigella	Up to 30 but less usually than 10	Up to 20 but usually less than 10
Vibrio cholera	Up to 30 but usually less than 10	Up to 20 but usually less than 10
PROTOZOA Entamoeba histolytica cysts	Up to 30 but usually less than 15	Up to 20 but usually less than 10
HELMINTHES (parasitic worms) Ascaris lumbricoides eggs	Many months	Many months

ويلاحظ من الجدول ان مدة بقاء الكائنات الممرضة داخل التربة تتراوح بين ٢٠ يوما لعدة اشهر مما يبين مدى خطورة تلوث التربة بالكائنات الدقيقة الممرضة وخاصة التي مصدرها مياه الصرف الصحي الغير معالجة او المعالجة بدون تطهير كاف .

العوامل المؤثرة في استخدام المياه في الري والزراعة

١. معايير نوعية المياه المستخدمة في الري
٢. درجة المعالجة ونوعية المزروعات .
٣. مدى التلوث البكتيري في المياه وعلاقته بالمزروعات.
٤. اختيار نظام الري .

١.معايير نوعية المياه المستخدمة في الري

تكون الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف المعالجة مماثلة لاية مياه تستخدم في الري ، هذا ويبين الجدول التالي ونوعية المياه المعالجة المستخدمة في الري من حيث محتوياتها من المواد الكيميائية مثل الاملاح الكلية الذائبة ونسبة الصوديوم المدمص والايونات ذات السمية وتكون التدابير المتبعة في ذلك هي نفس التدابير المتبعة التي تطبق مع انواع اخري من المياه المستخدمة في الري.

والجدول التالي يبين نوعية مياه الصرف المستخدمة ودرجة تقييد الاستعمال.

جدول ٦-٢

محددات نوعية المياه	الوحدة	درجة تقييد الاستعمال		
		لا توجد قيود	قيود خفيفة الي متوسطة	قيود مشددة
الملوحة				
التوصيلية الكهربائية	ديسي سايمنز/م	أقل من ٠,٧	٣,٠-٠,٧	أكبر من ٣,٠
الأملاح الكلية الذائبة	مجم /لتر	أقل من ٤٥٠	٤٥٠-٢٠٠٠	أكبر من ٢٠٠٠
التسرب معدل		أكبر من ٠,٧	٠,٢-٠,٧	أقل من ٠,٢
ادمصاص الصوديوم	ديسي	أكبر من ١,٢	٠,٣-١,٢	أقل من ٠,٣
والتوصيل الكهربى	سايمنز/م	أكبر من ١,٩	٠,٥-١,٩	أقل من ٠,٥
٣-٠,٠		أكبر من ٢,٩	١,٣-٢,٩	أقل من ١,٣

٦-٣ ١٢ - ٦ ٢٠-١٢ ٤٠-٢٠		أكبر من ٥٠٠	٢,٩-٥,٠	أقل من ٢,٩
التسمم بالأيونات الصوديوم الري السطحي الري بالرش	معدل امتصاص الصوديوم	أقل من ٣,٠ أقل من ٣,٠	٩,٠-٣,٠ أكبر من ٣,٠	أكبر من ٩,٠
الكلوريد الري السطحي الري بالرش	ملي مكافئ/لتر	أقل من ٤,٠ أقل من ٣,٠	١٠-٤ أكبر من ٣,٠	أكبر من ١٠
البورون	مجم / لتر	أقل من ٠,٧	٣,٠-٠,٧	أكبر من ٣,٠
تأثيرات متنوعة التترات البكتريونات	مجم/لتر ملي مكافئ/لتر	أقل من ٥,٠ أقل من ١,٥	٣٠-٥,٠ ٨,٥-١,٥	أكبر من ٣٠ أكبر من ٨,٥
الرقم الهيدروجيني تتراوح القيمة بين ٦,٥-٨,٥				
يقاس والتوصيل الكهربائي يقيس سايمنز/م عند ٢٥ مئوية				
المصدر منظمة الاغذية والزراعة للأمم المتحدة الفلوا دليل استعمال مياه الصرف في الري ٢٠٠٠				

وهناك علاقة بين تركيز ونوع الأملاح الموجودة في المياه المعالجة وأختبار المحاصيل المناسبة للري بتلك للمياه. فيحدد تركيز ونوع الاملاح المذابة الموجودة في مياه الصرف للمعالجة أمكانية ودرجة استخدام المياه في الري والزراعة فالمياه عالية الملوحة لا تصلح لري وزراعة كثير من النباتات والمحاصيل ، فقد يسبب الري باستخدام المياه المعالجة زيادة مستوى قاعدية التربة، وذلك لاحتواء هذه المياه على أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم التي تنتج بشكل خاص من المنظفات المستخدمة في غسيل الملابس. وبالرغم من أن معظم نباتات الحدائق تفضل التربة التي تتراوح بين متعادلة وقليلة الحمضية أو قليلة القاعدية، إلا أن هناك العديد من النباتات التي تنمو بشكل جيد في التربة للقاعدية، والكثير من هذه النباتات يتحمل الجفاف.

٢. درجة المعالجة و نوعية المزروعات

درجة المعالجة وجودة المياه الناتجة تحدد بدقة نوعية المزروعات التي يمكن ربيها وزراعتها بهذه المياه ، فكلما زادت درجة المعالجة وازداد نقاء المياه الناتجة كلما زاد وتوسع استخدام هذه المياه وتنوعت المزروعات التي يمكن زراعتها علي هذه المياه .
والجدول التالي يبين نوعية المزروعات ودرجة معالجة مياه الصرف وجودة المياه المعالجة.

جدول ٦-٣

درجة المعالجة ونوعية المزروعات المقترحة

درجة المعالجة	المزروعات المقترحة
مياه مجاري خام	لا ينصح بري اية مزروعات بهذه المياه وخاصة اذا كان هناك تلامس بين الأسمان وتلك المزروعات وذلك لشدة تلوثها ورائحتها الكريهة ، الا انه يمكن ري الاشجار الخشبية واشجار الغابات وتشجير الطرق بهذه المياه
مياه المجاري المعالجة أبتدائيا	نباتات الزينة - القطن - قصب السكر المستخدم في التصنيع - النباتات المستخدمة في صناعة العطور - المحاصيل المستخدمة في صناعة الزيوت الصناعية .
مياه لمجاري المعالجة ثانويا	الفواكه التي تكون ثمارها بعيدة عن الأرض ويمكن حمايتها من التلوث الخضروات التي لا تؤكل طازجة وتكون ساق النبات بعيدة عن سطح الأرض

جدول ٦-٤

أعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات

والتربة وطرق الري طبقا للقوانين المصرية

المجموعة	النباتات المسسوح بزراعتها	الاحتياطات البيئية والصحية	طرق الري المناسبة	أنواع التربة المقترحة
المجموعة الاولى مياه خام ومعالجة ابتدائية	الاشجار الخشبية	* عمل سياج حول المزارع * عدم التلامس مع المياه مباشرة * منع دخول الماشية للمزارع * اتخاذ الاجراءات الصحية اللازمة للحماية من الاصابة بالكانتلات الممرضة والعلاج	بالخطوط	خفيفة القوام يصحح باستخدامها في الاراضي الصحراوية التي تبعد عن التجمعات السكنية بمسافة ٥ كيلومتر مع مراعاة اجراء التقويم الدوري
المجموعة الثانية معالجة ثانوية	* اشجار النخيل القطن - الكتان - التيل - * محاصيل الاعلاف والحبوب المجففة * المحاصيل والفواكه القشرية * الخضروات التي تغطي * مشاتل الزهور .	* يمكن تربية الماشية غير المدرة اللبن او منتجة للحوم * يجب طهي الطعام قبل تناوله	بالخطوط بالتنقيط	خفيفة ومتوسطة القوام
المجموعة الثالثة معالجة متقدمة	* النباتات التي تؤكل نيئة * النباتات القشرية * جميع انواع المحاصيل والبساتين * الاعلاف والمراعي الخضراء		جميع الطرق عدا الرش	جميع انواع التربة

٣. مدى التلوث البكتيري في المياه وعلاقته بالمزروعات .

تعد المعايير والخطوط التوجيهية الخاصة بنوعية المياه ضرورية لتحديد مدى صلاحية استعمال مياه الصرف المعالجة في الري ، وتعد نوعية المياه من حيث ما تحتويه من المواد الميكروبيولوجية في غاية الأهمية بالنسبة لعمال المزارع وكذلك بالنسبة الي الافراد الذين قد يتعرضون لمياه الصرف بطريقة مباشرة أو غير مباشرة . وقد اوصت منظمة الصحة العالمية ببعض الخطوط التوجيهية الخاصة باستعمال مياه الصرف المعالجة في الري . والجدول التالي يبين هذه الخطوط .

جدول ٦-٥

الخطوط التوجيهية الخاصة باستعمال مياه الصرف المعالجة في الري .

شروط الاستعمال	المجموعة المعرضة	الديدان المعوية (١) (المتوسط الحصلي لعدد البويضات في اللتر)	البكتريا البرازية (المتوسط الهندسي للحد بـ ١٠٠ مليونتر مكعب)	المعالجة اللازمة لمياه الصرف لتحقيق النوعية الميكروبيولوجية المطلوبة
ري المحاصيل التي من المحتمل تناولها دون طهي والملاعب الرياضية والمتنزّهات العامة	العمال والمستهلكون العامة	واحد أو أقل	١٠٠٠ أو أقل (٢)	مسئلة من أحواض الترسيب مصممة لتحقيق النوعية الميكروبيولوجية المشار إليها أو ما يعادلها من نظم المعالجة
ري محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية والمحاصيل الطبية والمراعي والأشجار (٣)	العمال	واحد أو أقل	لا يوجد معيار واحد	أحواض المياه الصرف في أحواض الترسيب من ٨ الي ١٠ أيام أو معالجتها لآزالة الديدان المعوية والبكتريا البرازية
نظم الري الموضعي للمحاصيل من الفئة السابعة اضع امكن تقا. ي تعرض العمال والدعاة لمياه الصرف	لا يوجد	لا ينطبق	لا ينطبق	معالجة المياه حسب مقتضيات نظام الري المستخدم بشرط الا تقل عن أحواض الترسيب الابتدائي .
<p>(١) الديدان المعوية مثل الأسكارس والديدان الخطافية والTrichuris</p> <p>(٢) من المقامبات اختيار الخطوط التوجيهية الأكثر تشددا اي ٢٠٠ وحدة أو أقل البكتريا البرازية لمل ١٠٠ مليونتر مكعب يالنسبة للحدائق العامة .</p> <p>(٣) في حالة الاشجار المثمرة ينبغي ان يتوقف الري قبل اسبوعين من قطف الثمار ولا ينبغي التقاط الثمار من الأرض أو الري بالرش .</p>				
المصدر منظمة الاغذية والزراعة للأمم المتحدة الفاو دليل استعمال مياه الصرف في الري ٢٠٠٠				

٤. اختيار نظام الري .

يتوقف اختيار نظام الري الملائم علي نوعية مياه الصرف وعلي نوع المحصول ، والتقاليد المرعية ، والتجارب السابقة ، وقدرة الكزارعين علي التعامل مع مختلف الطرق ، وعلي ما يمثله نظام الري من مخاطر مختمة علي صحة المزارعين والصحة العامة والبيئة . وتتووع نظم الري الشائعة بمياه الصرف المعالجة وهي الري بالغمر والري والري بالخطوط والري بالرشاشات والري بالتنقيط ، الا انه يجب مراعاة نسبة الملوحة في مياه الصرف المستخدمة للري لعدم حدوث انسدادات داخل انظمة الري.

البرنامج القومي للاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالج في زراعة الغابات الشجرية

بدأت مصر تجربة جيدة في استخدام مياه الصرف المعالجة في زراعة الاشجار الخشبية ووضعت لذلك برنامج متكامل للاستفادة من هذه المياه كمورد جيد للماء

أنواع الأشجار الخشبية التي تم زراعتها في الغابات

تم اختيار الأنواع النباتية التي زرعت بالغابات بعناية وبخبرة علمية متميزة حيث يتوافر فيها القيمة الاقتصادية العالية كذلك ملائمتها للظروف الايكولوجية (البيئية) للمنطقة (تربة ومناخ) كذلك تم زراعة مصدات الرياح التي تلائم المنطقة بجميع الطرق الداخلية للغابة وحول الأسوار. والجدول الآتي سرد لهذه الأنواع:

جدول ٦-٦

الاسم العلمي	الاسم العربي	م
<i>Cupressus sp.</i>	السرو	1
<i>Pinus sp.</i>	الصنوبريات	2
<i>Khaya senegalensis</i>	الكينا (الماهو جنس الأفريقي)	3
<i>Eucalyptus sp.</i>	الكافور	4
<i>Acacia saligna</i>	الأكاسيا	5
<i>Morus sp.</i>	التوت	6
<i>Agava sisalana</i>	الميسال	7
<i>Casuarina sp.</i>	الكازورينا	8
<i>Concarpus sp.</i>	كنكاريس	9
<i>Dendrocalamus strictus</i>	البامبو (مرحلة التجريب)	10
<i>Jatropha curcas</i>	الجatroفا	11
<i>Terminalia sp.</i>	الترمناليا	12
<i>Popular sp.</i>	الهور	13
Ornamental trees and plants	بعض اشجار وشجيرات الزينة	14

جدول يبين الغابات التي تروى بمياه الصرف الصحي المعالج و الغابات التي تحت الإنشاء.

جدول ٦-٧

المحافظة	الغابة	المساحة (فدان)
الإسماعيلية	سرابيوم	1000
المنوفية	المسادات غابة الصداقة المصرية الصينية	500
الأقصر	الأقصر	1700
قنا	قنا	500
جنوب سيناء	طور سيناء	200
أسوان	إدفو	300
الوادي الجديد	الخارجة	400
الوادي الجديد	باريس	200
جنوب سيناء	شرم الشيخ	60
الدقهلية	جمصة	150
الجيزة	الصف	500
المجموع	سرابيوم	5510

٦-١-٢. ثانيا استخدام المياه المعالجة في الأنشطة الترفيهية

تستخدم المياه المسترجعة لأغراض ترفيهية تشمل صيانة المناظر الطبيعية والخزانات الجمالية، واحتجاز المياه والنوافير، وصناعة الثلج، وتربية السمك، وتغذية البحيرات المخصصة للسباحة والصيد والقوارب. ويحدد المستوى المطلوب لمعالجة المياه المسترجعة حسب الاستخدام المقصود، ويرفع مع درجة التلامس البشري. فللاستخدام الترفيهي غير المقيد، مثلا، تعالج المياه بالتخثر والترسيح والتطهير للحصول على عدد بكتيريا الكوليفورم أقل من ٣ في كل ١٠٠ مليلتر.

ومن الامثلة الناجحة لاستخدام المياه في المرافق الترفيهية ، المشروعان اللذان اقيما في ولاية كاليفورنيا الامريكية ، يسمى المشروع الاول مشروع سانتي ، وفيه تضخ المياه المعالجة من المحطة سانتي الي احد الوديان وتنزل لتساب مسافة كيلومتر واحد خلال الرمل والحصى قبل استرجاعها ، ثم توجه المياه المسترجعة بعد ذلك الي ثلاث بحيرات متصلة ببعضها ومحاطة بحديقة عامة ، وتستخدم بحيرتان من تلك البحيرات لصيد الاسماك ورياضة القوارب ، بينما يتم تعقيم البحيرة الثالثة بالكور لتستخدم للسباحة ، ونوعية هذه المياه تطابق المياه المخصصة للسباحة بهذه الولاية .

اما المشروع الثاني فهو مشروع خزان الجدول الهندي ، وهذا الخزان يستلم المياه المعالجة من محطة تاهو الجنوبية حيث توجد معالجة متقدمة مكونة من مراحل لمعالجة وازالة النتروجين والفسفور والبوتاسيوم ، كما توجد بها مرشحات رملية واجهزة امتصاص وادمصاص كربوني ، ويتسع الخزان لما يقرب من ٢٧ مليون متر مكعب وكلها مياه صرف معالجة تستخدم لنشاطات صيد الاسماك ورياضة القوارب والسباحة .

٦-٣-٣. ثالثا استخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه الجوفية

تساعد تغذية طبقات المياه الجوفية في المحافظة على مستوياتها وحمايتها من تسرب المياه المالحة، كما تكون طريقة لحفظ المياه المسترجعة للاستعمال المستقبلي . وتجري تغذية المياه الجوفية بالنشر السطحي في أحواض أو الحقن المباشر في مجاري المياه الجوفية . فطريقة النشر السطحي تستخدم الغمر والتخديد والأراضي الرطبة الاصطناعية وأحواض التسريب، وتحسن نوعية المياه المسترجعة كثيراً بسبب ترشحها عبر التربة والمنطقة غير المشبعة ومجمع المياه الجوفية؛ وطريقة

الحقن المباشر مكلفة بسبب ارتفاع كلفة معالجة مياه الصرف وكلفة معدات الحقن .
ومن أخطار تغذية طبقات المياه الجوفية بمياه مسترجعة احتمال التلوث .
وهناك فكرة ان يتم ضخ مياه الصرف المعالجة الي البحر الميت لتقليل ملوحتة (تتجاوز نسبة الاملاح الذائبة اكثر من ٩٠٠٠٠ مليجرام / لتر) وبالطبع نسبة الاملاح الذائبة في المياه المعالجة لا تزيد عن ٥٠٠٠ مليجرام لكل لتر وبالتالي يمكن بذلك تقليل ملوحة هذا البحر الا ان ذلك يحتاج الي ملايين الامتار المكعبة من مياه الصرف المعالجة جيدا .

ويمكن استخدام مياه الصرف المعالجة لتقليل ملوحة بعض البحار المغلقة والتي زادت نسبة ملوحتها لقيام الدول بالقاء كميات كبيرة من المياه المالحة لهذه البحار في صورة صرف صناعي وزراعي دون معالجة جيدة .

٦-١-٤. رابعا الاستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة

مياه الصرف المسترجعة هي مصدر مثالي للاستخدامات الصناعية، لأن العمليات الصناعية، ومنها التبريد والتبخيري وتغذية المرجل، لا تتطلب مياه فائقة الجودة . ولكل استخدام قيود تحد من قابلية تطبيقه، فاستخدام المياه المسترجعة في أبراج التبريد، مثلا، يسبب مشاكل عدة منها التقشر والتآكل والنمو البيولوجي والحشف والإرغاء، ويسبب استخدام المياه العذبة المشاكل ذاتها، ولكن بمعدل تكرار أقل . أما في تغذية المرجل، فينبغي خفض عسر المياه ونزع المعادن من مياه الصرف قبل استخدامها .

٦-١-٥. خامسا استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب

يثير استخدام المياه المسترجعة للشرب حذرا شديدا، بسبب رفض العامة ومخاطر الصحة والسلامة . ومع الأبحاث الشاملة التي أجريت في هذا الم جال، يواجه هذا الاستخدام عدة قيود، ولا سيما في وضع معيار مناسب لنوعية المياه . ولذلك يقتصر استخدام المياه العادمة البلدية المسترجعة للشرب على الحالات القصوى

ومن أمثلة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب استخدامها في إحدى الولايات الأمريكية في الخمسينات من القرن العشرين ، حيث تعرضت تلك الولايات لخطر الجفاف الشديد مما حدا بالحكومة للتفكير في إمداد الولاية بمياه معالجة تصلح للشرب وأنشأت الحكومة محطات معالجة متقدمة لهذه المياه المعالجة وتبقى جيدا قبل ضخها للسكان.

٦-٢. إعادة استعمال المياه الرمادية

تعريف المياه الرمادية

إن المياه الرمادية هي المياه الخارجة من المغاسل وأحواض الاستحمام والغسالات والمصارف الأرضية، وغيرها ولا تشمل المياه التي تحوي فضلات الإنسان الصلبة والسائلة والتي تسمى بالمياه السوداء وتكون نسبة تلوثها أقل من نسبة تلوث مياه المراحيض، وبذلك يمكن استعمالها لري النباتات بعد معالجة طفيفة بل دون أي معالجة، ولكن بعد اتخاذ بعض الاحتياطات البسيطة.

وتعتبر المياه الرمادية من الموارد المائية الهامة على المستوى المنزلي وتشكل حوالي ٥٠-٨٠% من مجموع المياه المنزلية وتستهلك للري في العديد من دول العالم مثل بريطانيا، كندا، أمريكا، قبرص، ماليزيا وعدد من الدول العربية . كما أنها تشكل مصدرا لا يستهان به من المياه الممكن إعادة استعمالها في الزراعة الحضرية.

كان الاعتقاد السائد بين العديد من المهندسين العاملين في مجال المياه العادمة بأن خواص جميع المياه العادمة متشابهة. ولكن هذا غير صحيح حيث أن هنالك العديد من الاختلافات الهامة بين المياه الرمادية والمياه السوداء من حيث محتواها وتأثير كل منها على البيئة. كما أن هنالك دلالات علمية حول الحاجة إلى معالجة المياه الرمادية بشكل منفصل عن المياه السوداء وعدم خلطهما. إن توفير المياه الرمادية بشكل آمن، واقتصادي، وفعال، ومناسب، يتطلب الأخذ بعين الاعتبار عوامل

عديدة، كمصدر المياه الرمادية، والمواد الموجودة فيها، ومتطلبات كود البناء. وتؤثر جميع العوامل سالفة الذكر على تصميم نظام جمع ومعالجة المياه الرمادية ومدى جدوى إعادة استعماله.

هناك عدة أمور يجب أخذها بعين الاعتبار عند إعادة استخدام المياه الرمادية. يجب أن يكون نظام المياه الرمادية بسيطاً في تركيبته وسهل الاستعمال والصيانة. كذلك يجب معالجة تلك المياه بطرق مناسبة بحيث لا تلامس الإنسان أو الحيوان وذلك لتفادي إلحاق أي أضرار صحية. ويجب أن تكون المركبات الكيميائية الموجودة في الصابون ومواد التنظيف (مثل البورون والصوديوم والمبيضات) قليلة إذ أنها قد تلحق الضرر بالنباتات.

مصادر المياه الرمادية

- المياه الناتجة عن العمليات المختلفة داخل المطبخ
- المياه الناتجة عن الاستحمام والنظافة لأفراد الأسرة
- مياه الشطف داخل وخارج المنزل
- مياه غسل الملابس (الشطف - الغسيل - مياه الوضوء في المساجد).
- المياه الناجمة عن المشارب والنظافة في المدارس والجامعات والمرافق العامة

العامة

محددات انشاء نظام لمعالجة المياه الرمادية

من أهم الأسس لتركيب نظام المياه الرمادية في البناء هو استعمال نظام تسائي لمواسير الصرف يفصل المياه السوداء عن المياه الرمادية. وتتكوّن المياه السوداء من مياه المراحيض والشطافات التابعة لها ومياه مغاسل المطابخ، ولذلك لا يمكن استعمالها للرّي دون درجة عالية من المعالجة، بل يجب تحويلها إلى نظام الصرف الصحي العام أو إلى خزان تحليل. أما مصادر المياه الرمادية فهي مصادر أكثر "نظافة" للمياه ويمكن إعادة استخدامها في ري النباتات.

٢. يجب أخذ الحيلة بحيث لا توضع مواد غير مناسبة في مصادر المياه الرمادية. مثلاً، يجب عدم غسل الحفاطات أو الأقمشة التي تحتوي على الماء أو غسل الحيوانات في المصادر الموصولة بمواسير المياه الرمادية. كذلك يجب عدم وضع مواد كيميائية في مصادر المياه الرمادية مثل المبيضات ومواد التنظيف القوية والدهانات. وقد تتضمن بعض مواد التنظيف مثل تلك المستعملة في الغسالات، خاصة التي تحتوي على مركبات الصوديوم، مواد قد تلحق الضرر بالنباتات التي يتم ريها بالمياه الرمادية. ولذا فإنه في حال استخدام تلك المياه للري يجب معالجتها أو ري النباتات بمياه نظيفة بين الحين والآخر (وسيتم بحث هذا الموضوع بالتفصيل في تقرير لاحق). وهناك مواد تنظيف رفيقة بالبيئة - مثل تلك التي تحتوي على مركبات البوتاس والمنغنيز - التي لا تضر النباتات، بل قد تعود بالفائدة عليها. **

٣. يجب القيام ببعض الحسابات لتقدير كميات المياه الرمادية التي يمكن أن يتم الحصول عليها نسبة إلى الاستهلاك الكلي للمياه في المنزل. فمثلاً يجب معرفة كمية المياه الرمادية التي يمكن الحصول عليها خلال أسبوع واحد، وطريقة توزيعها خلال أيام الأسبوع. لذلك إذا تم ضخ المياه لأحد المنازل الذي يحتوي على خزان مياه سعته متر مكعب واحد لمدة يوم واحد خلال الأسبوع، فيعني ذلك أن كمية المياه الرمادية التي يمكن الحصول عليها خلال الأيام التي لا يتم الضخ خلالها قد تكون قليلة بسبب الترشيح في استعمال المياه في هذه الأيام، بينما تكون المياه موجودة بوفرة خلال يوم الضخ. في هذه الحالة، يستحسن حفظ المياه الرمادية في خزان حتى يمكن استعمالها خلال جميع أيام الأسبوع. ولكن إذا تم ضخ المياه للمنزل خلال عدد من أيام الأسبوع، أو إذا كان المنزل يحتوي على خزانات كبيرة لحفظ المياه، فقد تتوافر المياه الرمادية باستمرار خلال جميع أيام الأسبوع دون الحاجة إلى حفظها في خزان. كذلك يجب معرفة كمية المياه التي

تحتاجها حديقة المنزل للتأكد من تحقيق نوع من التوازن بين كمية المياه المتوافرة وكمية المياه المطلوبة. وتؤثر هذه الحسابات في حجم الخزان المخصص للمياه الرمادية.

٤. يستحسن استعمال نظام مياه رمادية واحد منفصل لكل منزل بدلاً من تجميع المياه الرمادية التي يصدرها أكثر من منزل في نظام واحد مشترك. فبينما يمكنك التحكم بنوعية المياه التي تدخل نقاط تجميع المياه الرمادية في منزلك، قد لا يكون باستطاعتك التحكم بنوعية المياه الرمادية التي يصدرها جيرانك.

٥. يجب عدم استخدام المياه الرمادية لري الأشجار وينصح باستخدامها لري النباتات المكتملة النمو فقط لأن لديها القدرة على تحمل نسب عالية بعض الشيء من الملوحة ومركبات الصوديوم والقلويات. أما الأشجار التي يمكن استخدام المياه الرمادية لريها فتشمل على سبيل المثال لا الحصر:

❖ الزيتون

❖ الخروب

❖ بعض أنواع السرو

❖ الكينا

❖ الياسمين العراقي

❖ الريحان

❖ بعض أنواع الصبر

❖ بعض أنواع النخل

نوعية المياه الرمادية

تختلف نوعية المياه الرمادية حسب مصدر المياه والغرض الذي يتم استخدامها لأجله ، ويبين الجدول التالي ما يمكن أن تحويه المياه المستخدمة لأغراض منزلية مختلفة:

جدول ٦-٨

مصادر المياه الرمادية	محتويات المياه و خواصها
غسالات ملابس أوتوماتيكية	مواد صلبة عالقة (نسالة أقمشة و أوساخ) ، مواد عضوية ، زيوت و شحوم ، مركبات الصوديوم والنيترات والفوسفات الناتجة عن المنظفات ، نسبة عالية من الملوحة و القاعدية ، مواد تبييض ، حرارة عالية
غسالات صحون أوتوماتيكية	مواد عضوية ، مواد صلبة عالقة (من الأطعمة) ، بكتيريا ، زيوت و شحوم ، دهون ، نسبة عالية من الملوحة و القاعدية ، مواد تنظيف ، حرارة عالية
حوض الاستحمام	مواد عضوية ، مواد صلبة عالقة (جلد ، نسالة أقمشة) ، بكتيريا ، زيوت و شحوم ، شعر ، بقايا أو مخلفات صابون ، مواد تنظيف ، حرارة عالية
مغسلة (باستثناء أحواض الجلي)	مواد عضوية ، مواد صلبة عالقة ، بكتيريا ، دهون وزيوت و شحوم ، بقايا أو مخلفات صابون ، مواد تنظيف ، حرارة عالية

الاعتبارات الصحية لإعادة استعمال المياه الرمادية

«قد تحتوي المياه الرمادية على بكتيريا معدية»، هذه ناحية مهمة يجب أخذها بعين الاعتبار بشكل دائم عند التعامل مع المياه الرمادية لأغراض الزراعة الحضرية. في الممارسات العملية، فإن الخطر على الصحة من التعامل مع المياه الرمادية قد ثبت أنه في حدوده الدنيا. فالمياه الرمادية بالنهاية هي المياه التي قد اغتسلت بها للتو أو تلك التي نتجت عن غسل ملابسك التي كنت تلبسها في الفترة القريبة. وفي نفس الوقت ليس هنالك حاجة على الإطلاق أن يشتمل تصميم نظام استعمال المياه الرمادية على قنوات مفتوحة قد تشكل خطراً مباشراً على صحة الإنسان. يمكن تلخيص إرشادات استعمال المياه الرمادية في مبدئين رئيسين هما:

(١) يجب أن تمر المياه الرمادية من خلال الطبقات العليا للتربة بشكل بطيء ليتسنى تنقيتها بشكل طبيعي.

(٢) يجب أن يتم تصميم نظام فصل وإعادة استعمال المياه الرمادية بحيث لا يكون هناك تماس مباشر مع الإنسان قبل حدوث تنقية للمياه الرمادية.

التعامل مع المياه الرمادية

فيما يلي بعض الأمور الواجب التأكد منها عند التعامل مع المياه الرمادية في نشاطات الزراعة الحضرية:

(١) يجب أن يعمل نظام الري بشكل فعال لتوفير كميات مياه كافية للنباتات للتقليل من الفاقد من المياه نتيجة للتسرب العميق تحت منطقة جذور النبات؛

(٢) يجب أن تتم عملية تصفية للمياه الرمادية، ويمكن عمل ذلك من خلال استعمال مواد بسيطة كقطعة قماش أو كيس نايلون متقب لحجز المواد العالقة كالشعر وغيرها.

(٣) يجب عمل صيانة دورية لنظام فصل المياه الرمادية للتأكد من أنه يعمل بشكل مناسب.

٤) يجب ملاحظة نمو النبات الذي يروي بالمياه الرمادية والتأكد من عدم وجود زيادة في الري أو جفاف، ويمكن الاستعانة بخبير زراعي للتأكد من عدم تأثر النبات بالمحتوى العالي للمواد العضوية في المياه الرمادية؛

٥) يجب الاستعانة بالنشرات والخبراء لتحديد فيما إذا كانت المركبات المكونة لمنظفات الغسيل التي تستعملها تؤثر على النبات الذي تقوم بريه بالمياه الرمادية.

٦) يجب استعمال نظام الري بالفيضان (الغمر) أو بالتنقيط فقط لري الأشجار بالمياه الرمادية.

٧) يجب تحويل المياه الرمادية إلى نظام الصرف الصحي أو الحفرة الامتصاصية في حال احتواء الغسيل على فضلات أطفال أو ملابس مصبوغة.

فيما يلي بعض الأمور الواجب تجنبها عند التعامل مع المياه الرمادية:

١) يجب أن لا تشرب المياه الرمادية؛

٢) يجب أن لا تستعمل المياه الرمادية التي تحتوي على فضلات من فوط الأطفال لاحتواء هذه المياه على البكتيريا الممرضة التي تشكل خطراً على الصحة والبيئة؛

٣) يجب أن لا تستعمل المياه الرمادية التي تحتوي على مواد كيميائية خطيرة كتلك المستعملة لغسيل السيارات وغيرها.

٤) يجب أن لا تخزن المياه الرمادية أكثر من الحاجة الضرورية لري النبات بشكل فعال. فالمياه الرمادية التي تخزن لوقت طويل قد تتحول إلى مياه سوداء وتشكل بيئة مناسبة لنمو وتكاثر البعوض وتكون لها آثار سلبية على البيئة والصحة العامة.

٥) يجب أن لا تستعمل نظام الري بالرشاشات للري بالمياه الرمادية.

٦) يجب أن لا تستعمل المياه الرمادية لري النباتات الجذرية كالجزر والليفية كالخس المزروعة للاستعمال البشري.

٧) يجب عدم إعادة استعمال المياه الرمادية إذا كان أحد أفراد الأسرة مصاباً بمرض معد كالإسهال أو الكبد الوبائي أو الأمراض الناتجة عن الطفيليات.

فوائد استعمال المياه الرمادية في الزراعة الحضرية

في كثير من الأحيان يبدو واضحاً لنا بأنه ليس منطقياً أن نقوم بهدر كميات كبيرة من مياه الشرب النقية لري المزروعات القادرة على النمو بقوة بمياه تحتوي على كميات قليلة من مزيج من المواد العضوية. فإعادة استعمال المياه الرمادية قد تشمل على جزء من أو جميع الفوائد التالية:

١) **التقليل من استعمالات مياه الشرب:** في كثير من الأحيان يمكن للمياه الرمادية أن تشكل بديلاً لمياه الشرب، خاصة في المناطق التي تكون بحاجة لمياه ري، ويؤدي إعادة استعمالها إلى توفير في قيمة فاتورة المياه.

٢) **تقليل الحمل على الحفر الامتصاصية ومحطات معالجة المياه العادمة:** يؤدي إعادة استعمال المياه الرمادية إلى تقليل الحمل على الحفر الامتصاصية وبالتالي زيادة فترة بقائها وقدرتها. وفي حالة وجود شبكات للصرف الصحي، فسيفل الجريان في أنابيب شبكة للصرف الصحي وبالتالي تعمل محطات المعالجة بفعالية أكثر ونقل تكاليف التشغيل.

٣) **الفعالية العالية للتنقية:** تتم تنقية المياه الرمادية لدرجة كبيرة جداً في الجزء العلوي من التربة مما يزيد في حماية نوعية المياه السطحية والجوفية الطبيعية.

٤) **الأماكن غير المناسبة للحفرة الامتصاصية:** في الأماكن التي تكون فيها التربة غير نافذة، يمكن أن يشكل إعادة استعمال المياه الرمادية حلاً جذرياً

يتم الاستغناء من خلاله عن وضع حلول هندسية للحفرة الامتصاصية قد تكون مكلفة جداً.

٥) استعمال طاقة ومواد كيميائية أقل: إن إعادة استعمال المياه الرمادية سيؤدي إلى تقليل استعمال الطاقة والمواد الكيميائية نتيجة للتقليل في كمية المياه النقية والعمامة التي يحتاج كلاهما إلى ضخ ومعالجة. ويتضح هذا النوع من التوفير بصورة مباشرة للأشخاص الذين يقومون بتزويد الماء والكهرباء بأنفسهم. كما أن إعادة استعمال المياه الرمادية من قبل الشخص لري أشجاره لابد أن تشجعه على الحد من استعمال المواد الكيميائية خاصة العمامة منها أو استعمالها بأقل صورة ممكنة.

٦) تغذية مصادر المياه الجوفية: المياه الرمادية الزائدة عن حاجة النباتات تساعد في تغذية المياه الجوفية.

٧) زيادة نمو النباتات: تعمل المياه الرمادية على زيادة نمو النباتات في المساحات الخضراء حيث قد لا تكون مياه الري متوفرة أو كافية لري كامل المساحة.

٨) استصلاح الأرض واستخلاص مواد مفيدة من مواد كانت ستكون فضلات: قد لا يشكل فقد المواد المغذية من خلال طرح المياه العادمة المعالجة في الأنهار والمحيطات مشكلة، إلا أنه يعتبر شكلاً من أشكال "التعرية"، وبالتالي فإن استخلاص بعضاً من هذه المواد المغذية من مواد كانت ستكون فضلات من خلال إعادة استعمال المياه الرمادية في الزراعة يساعد بشكل كبير في المحافظة على خصوبة الأرض.

٩) زيادة الوعي والإحساس بأهمية دورة الطبيعة: إن إعادة استعمال المياه الرمادية سيزيد من قناعة المستفيد بمدى المسؤولية وبزيادة الوعي

والاقتصاد في استعمال المياه وزيادة ثقافته باستعمال النواحي العلمية
بالزراعة.

محددات استعمال المياه الرمادية

قد يكون هنالك عدداً من الأسباب من الممكن أن تمنعنا من إعادة استعمال المياه
الرمادية، أو أن تمكننا من إعادة استعمالها خلال أوقات محددة من السنة، وفيما يلي
استعراض لهذه الأسباب:

- ١) عدم توفر الحيز أو صغره: في بعض الأماكن قد تكون المسافة بين البيوت
مقاربة جداً أو قد تكون حديقة المنزل صغيرة جداً أو غير موجودة أصلاً.
- ٢) صعوبة الوصول إلى أنابيب الصرف الصحي: في الحالات التي تكون فيها
التحديات الصحية موجودة تحت بلاطة خرسانية، قد يكون الوصول إلى
هذه الأنابيب لفصل المياه الرمادية صعباً وغير مجدٍ اقتصادياً.
- ٣) عدم ملائمة التربة: قد تعوق التربة ذات النفاذية العالية أو غير المنفذة من
الاستفادة من إعادة المياه الرمادية أو قد تتطلب زراعتها استصلاحاً قد
يكون مكلفاً.
- ٤) عدم ملائمة المناخ: قد لا تكون المناطق الرطبة جداً مناسبة لإعادة
استعمال المياه الرمادية للرري لعدم توفر أولوية واهتمام من قبل قاطني هذه
المناطق، كما قد تعوق المناطق الباردة جداً التي تصل فيها درجة الحرارة
إلى ما دون الصفر المنوي من التمكن من إعادة استعمال المياه الرمادية
بشكل مستمر طوال العام.
- ٥) عدم كفاية المياه العادمة لإتمام التدفق في أنابيب الصرف الصحي: إذا تم
إعادة استعمال كل المياه الرمادية، فمن الممكن أن يصبح التدفق في أنابيب
الصرف الصحي أحياناً أقل من التدفق التي صممت عليه هذه الأنابيب
وغير كافٍ لتنظيف الفضلات الصلبة في شبكة الصرف الصحي.

٦) النواحي القانونية والتشريعات: ما تزال النواحي القانونية والتشريعات المتعلقة بإعادة استعمال المياه الرمادية في مناطق كثيرة من العالم غير واضحة المعالم حتى في الدول المتقدمة. إلا أن هناك توجهاً عاماً لدى السلطات الرسمية نحو تقليل الارتياح الذي يحيط بإعادة استعمال المياه الرمادية، والذي يواكبه زيادة في الخبرات والتطوير والتحسين في أساليب وأنظمة إعادة استعمال المياه الرمادية.

٧) النواحي الصحية: تعتبر النواحي المتعلقة بالصحة العامة السبب الرئيس للإبقاء على عدم قانونية إعادة استعمال المياه الرمادية في العديد من المناطق. إن الخطر على الصحة العامة للناجم من إعادة استعمال المياه الرمادية في الممارسات العملية ليس له أثر يذكر شريطة الالتزام بالأسلوب العلمي المتبع وأن يكون لدى المستفيد معرفة وخبرة كافية في كيفية التعامل مع المياه الرمادية، حيث لا توجد هنالك وثائق لغاية الآن تفيد بأن أناساً قد أصيبوا بالمرض بسبب المياه الرمادية رغم احتمال احتواء الأخيرة والتربة على بكتيريا ممرضة، وكانت التوصية: "عدم أكل القاذورات وحدها وعدم أكل تلك المخلوطة بالمياه الرمادية!!!"

٨) عدم وجود جدوى اقتصادية: في بعض الأحيان، خاصة تلك التي تتطلب إجراءات قانونية معقدة وأنظمة فصل غالية الثمن لإعادة استعمال المياه الرمادية، التي تكون فيها التكلفة أكثر من الفائدة يتم الاستغناء عن فصل المياه الرمادية وإعادة استعمالها.

٩) عدم الملائمة: العديد من أنظمة فصل المياه الرمادية الموجودة حالياً إما عالية التكاليف أو تتطلب جهداً ومتابعة حثيثة أكثر من الحفر الامتصاصية أو أنظمة الصرف الصحي التي تعمل بشكل اعتيادي. وتؤدي مثل هذه الأمور إلى عدم ملائمة فصل المياه الرمادية خاصة في حال عدم وجود

شخص في المنزل شبه متفرغ لمتابعة أمور الصيانة لنظام فصل ومعالجة المياه الرمادية، وهذه الحالة تكون شائعة على الأغلب في المدن حيث تكون ربة المنزل عاملة، وهذه أحد الأسباب لكون المناطق الريفية تكون في الغالب أكثر ملائمة لتركيبة نظام فصل للمياه الرمادية منها في المدن. إلا أنه يمكن استعمال المياه الرمادية في الزراعة الحضرية بنجاح من خلال التركيز على المناطق الحضرية المحيطة بمركز المدينة (أطراف المدينة).

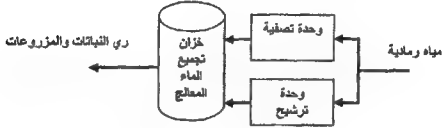
معالجة المياه الرمادية:

المياه الرمادية نظيفة نسبياً قد تحتاج الي وحدة معالجة فيزيائية بسيطة مثل حوض تصفية أو ترشيح بسيط و قد لا تحتاج إلى أي معالجة ويمكن استخدامها مباشرة لري الأشجار ونباتات الزينة.

في حال استخدام نظام معالجة لها يجب أن تمر المياه الرمادية بنظام فلتر ثم إلى خزان قبل وصولها إلى النباتات وذلك تفادياً لتجمع المياه على سطح التربة في حال تدفق مياه رمادية بصورة مفاجئة وتكون مواصفات الخزان العامة كالآتي:

- يجب أن يكون الخزان من مادة صلبة غير ممتصة للمياه ومقاومة للتآكل
- يجب أن يكون الخزان مصمت.
- يجب أن يتم اختيار حجم الخزان بحيث لا تزيد فترة تخزين المياه عن ٢٤ ساعة
- يجب استخدام الإشارات التحذيرية عند خزانات المياه الرمادية وجميع الأنابيب الناقلة للمياه للرمادية.
- في حال استخدام خزان تحت مستوى سطح الأرض يجب أن يكون مستوى الخزان أعلى من مستوى شبكة الصرف الصحي.

والشكل التالي يبين مخطط لوحدة مبسطة لمعالجة المياه الرمادية مكون من وحدة ترشيح أو تصفية للمياه الخام يليها خزان لجميع للماء المعالج بالتصفية أو بالترشيح .



شكل ٦-٢ مخطط لوحدة مبسطة لمعالجة المياه الرمادية

٦-٣. الاتجاهات والأهتمامات الجديدة لإعادة استخدام مياه الصرف

ينزع العالم نحو تقبل مبدأ إعادة استخدام مياه الصرف، غير أن القلق المتزايد حيال احتمال التلوث الميكروبي والكيميائي يطغى على إمكان استخدام مياه الصرف مباشرة للشرب . ولذلك بدأ تطوير وتطبيق تكنولوجيات أكثر فعالية في نزع الملوثات، ومنها تكنولوجيات الأغشية والامتزاز الكربوني والتبادل الأيوني وغيرها.

وهناك اتجاهات لإنتاج حمأة نظيفة، أصغر حجماً وأكثر أماناً للاستخدام . ولهذا الغرض، طوّرت، من جهة، معدّات محسّنة الأداء كالفراغات الطاردة والهاضمات، وعمليات جديدة لإتلاف المواد الصلبة المتطايرة وإنتاج حمأة بيولوجية تقل فيها العوامل الممرضة؛ ومن جهة أخرى، يتناقص استخدام عمليات الحرق والدفن في الأرض على أثر صدور قوانين صرف أكثر صرامة والوعي العام المتزايد بالبيئة.

الباب السابع

التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية

والكيميائية لمياه الصرف

- ١-٧. المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة.
- ٢-٧. الاختبارات المعملية للتحكم في عمليات معالجة مياه الصرف.
- ٣-٧. جمع العينات المعملية.
- ٤-٧. أختبارات مياه الصرف.
- ٥-٧. النتائج المعملية وكفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية.
- ٦-٧. ضبط الجودة داخل معامل مياه الصرف.
- ٧-٧. أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف.
- ٨-٧. عمليات التفتيش البيئي على محطات الصرف.

الباب السابع

التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية

والكيميائية لمياه الصرف

بعد التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي عملية هامة جدا نظرا لأعتماد المعالجة على الكفاءة الفنية والمرونة لدى المهندسين والفنيين ، ويمكن التحكم مهندسي العمليات والتشغيل من تقييم أداء محطات معالجة الصرف الصحي ومتابعة مراحل المعالجة مرحلة مرحلة بدقة وإجراء رقابة منتظمة على عمليات المعالجة . وكذلك تؤدي إلى الاهتمام بالتخطيط الفني وبأعمال التصميم والتنفيذ وتطوير إمكانات الأفراد القائمين على التشغيل والصيانة، وأيضا تطوير محطات المياه والصرف الصحي بهدف زيادة الكفاءة مع تطوير أسلوب التحكم في مراحل المعالجة المختلفة ويراعي ذلك عند إنشاء المحطات الجديدة.

وينقسم التحكم إلى نوعين من المهام وهما :

أولا المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة.

ثانيا إجراء الاختبارات المعملية .

٧-١. المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة

تعد المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل محطة المعالجة مثل قياس معدل التدفق وخطوط الفائض و طبيعة المياه الداخلة لكل وحدة معالجة وانتظام التدفق، من أهم عوامل ومحددات التشغيل الناجح بالإضافة إلى اتخاذ الخطوات المناسبة عند حدوث حالات طارئة ضارة بعمليات التشغيل وذلك من خلال:-

١. متابعة عوامل ومحددات التشغيل المختلفة من خلال المراقبة البصرية والمختبرية.

٢. جعل جميع وحدات التشغيل جاهزة .

٣. إبلاغ فرق الصيانة عند حدوث اعطال تتطلب الصيانة الفورية.

٤- تسجيل بيانات التشغيل بصفة مستمرة وبصورة منتظمة.

٥- تقييم نتائج التشغيل والنتائج العملية.

٦- تطبيق البيانات والنتائج علي عمليات التشغيل.

٧- القيام بحل كافة المشاكل قبل تفاقمها.

مؤشرات تشغيل العمليات

عادة يتم التعبير عن مؤشرات الصرف بحساب حمل التلوث في وحدة الزمن، وفي بعض الأحيان يتم التعبير عنها في صورة الحمل لكل متر مكعب من المياه المتدفقة علي مشروع المعالجة أو في صورة نسبة مئوية تعكس كفاءة المعالجة. وتختصر هذه المؤشرات في تسجيل الآتي:

-البيانات الكلية للمدخلات والمخرجات وتمثل متوسط القياسات خلال شهر واحد

وتدون بمعدل ربع سنوي (كل ٣ أشهر).

-بيانات الاستهلاك لكل متر مكعب من المياه المعالجة.

-قياسات التدفق.

قياسات التدفق

إن قياس التدفق الكلي لمياه الصرف الصحي يعد من المؤشرات الأساسية فسي تشغيل محطة المعالجة. وللأسف فلا يوجد أى محاذير لكيفية إجراء القياس ووقته، وغالبا ما يتم قياس معدل التدفق للمياه عن طريق أجهزة venturi أو بنسبة أقل باستخدام الطرق المغناطيسية أو الفوق صوتية. هذا ويتم صيانة أجهزة القياس عدة مرات في السنة مع معايرتها بصفة دورية.

ولضمان الحصول على نتائج دقيقة للقياسات، يجب إجراء صيانة دورية ومعايرة للأجهزة. ولذلك يجب توخي الحذر عند إنشاء نظام القياس حيث أن أي خطأ بسيط في اختيار موقع القياس أو موقع الأجهزة قد يؤدي إلى ظهور نتائج خاطئة. كما أنه يوجد عدة عوامل أخرى قد تسبب خطأ في القياس مثل لتساخ أجهزة القياس أو اختلاف درجة الحرارة أثناء اختبار العينة.

وتعتبر عملية تقييم الخطأ الكلي للعينة عملية صعبة جداً حيث أنها يجب أن تتضمن جميع العوامل السابقة الذكر.

ويوضح الجدول التالي طرق المعالجة الأساسية ومؤشرات التحكم في التشغيل.

جدول ٧-١

تكنولوجيات المعالجة الأساسية ومؤشرات التحكم في التشغيل

نوع المعالجة	مؤشرات التحكم في التشغيل
-المصافي	- المواد الصلبة العالقة T.S.S - معدل التدفق - الخبث - انخفاض في الضغط
-حجز الزيوت والدهون	- الزيوت والشحوم الحرة - معدل التدفق
-أحواض الترسيب	- المواد الصلبة العالقة - الأكسجين الكيميائي المستهلك
- المعالجة بتعويم الهواء المذاب (DAF)	- الزيوت والشحوم - المواد الصلبة العالقة - الجرعات الكيميائية - معدل التدفق - ضغط الهواء

نوع المعالجة	مؤشرات التحكم في التشغيل
<ul style="list-style-type: none"> - المعالجة التقليدية بالحماة النشطة 	<ul style="list-style-type: none"> - MLSS - كمية المغذيات - الترسيب - MLVSS - مستوى الأكسجين الذائب - تدفق الهواء
<ul style="list-style-type: none"> - التهوية لمدة طويلة 	<ul style="list-style-type: none"> - MLSS - كمية المغذيات - الترسيب - MLVSS - مستوى الأكسجين الذائب - تدفق الهواء
<ul style="list-style-type: none"> - الأحواض المهواة 	<ul style="list-style-type: none"> - مستوى الأكسجين الذائب

٧-٢. الاختبارات المعملية للتحكم في عمليات معالجة مياه الصرف

حيث تجري العديد من الاختبارات علي مياه الصرف خلال مراحل المعالجة المختلفة بدا من دخول المياه محطة المعالجة وانتهاء بصرف المياه المعالجة في المسطحات المائية أو لاغراض الري والزراعة. ولذلك فانه لابد من معرفة أهم الاختبارات المحددة لكفاءة ومستوي معالجة مياه الصرف. وتتم الاختبارات بجمع عينات من الاماكن المختلفة لوحداث المعالجة وعلي فترات زمنية محددة تبعاً لقواعد وأسس قياسية موضوعة ومعترف بها ويتم تحليلها داخل مختبر مجهز لهذا الغرض .

وهناك ثلاث أنواع من الاختبارات تجري علي المخلفات السائلة وعلي المياه المعالجة وهي كالآتي :-

الأختبارات الفيزيائية Physical Tests
الأختبارات الكيميائية Chemical Tests
الأختبارات البكتريولوجية Bacteriological Tests.

- ١- أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه المدخل والمقصود هي الاختبارات المعملية التي تتم علي المياه الداخلة الي المحطة اي مياه الصرف الخام واهمية ذلك هو معرفة الحمل العضوي للمياه الداخلة للمحطة ودرجة تلوث هذه المياه ونوعية هذه التلوث وايضا تمكننا من معرفة نسبة ودرجة ازالة الملوثات من مياه الصرف بمقارنة نتائج مياه المدخل مع نتائج مياه المخرج.
- ٢- أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه احواض الترسيب الابتدائي والمقصود هي الاختبارات المعملية التي تتم علي المياه الداخلة الي احواض الترسيب الابتدائي وهي المياه القائمة من وحدات المعالجة التمهيدية ، و الاختبارات التي تتم علي المياه الخارجة من احواض الترسيب الابتدائي وترجع اهمية تلك الاختبارات الي انها تختص بقياس كفاءة الترسيب والازالة للمواد العضوية والمواد العالقة داخل احواض الترسيب الابتدائي.
- ٣- أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه احواض التهوية وهي الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه السائل المخلوط لحوض التهوية وترجع اهمية تلك الاختبارات الي انها تختص بقياس الخواص الترسيبية للسائل المخلوط وجودة النذف البيولوجية المتكونة وقدرة المواد الصلبة علي الانفصال من النذف البيولوجية والترسب داخل احواض الترسيب النهائي بالاضافة الي قياس امدادات الأكسجين داخل الحوض .

٤ - أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه أحواض الترسيب النهائي (المروقات)

والمقصود هي الاختبارات المعملية التي تتم علي المياه الخارجة من أحواض الترسيب النهائي وترجع أهمية تلك الاختبارات الي انها تختص بقياس كفاءة الترسيب والازالة للمواد العضوية والمواد العالقة دخل أحواض الترسيب النهائي بالإضافة الي جودة المياه الخارجة من حوض الترسيب النهائي والتي تحدد مدى كفاءة المعالجة ككل بمقارنة نتائجها مع نتائج مياه المدخل .

المهارات الاساسية التي يجب ان يعرفها القائم بالاختبارات داخل معمل مياه الصرف

Laboratory Tests and sampling والعينات للاختبارات

لا بد لمحلل مياه الصرف Wastewater laboratory analyst ان يعرف جيدا وبصورة كاملة الاختبارات التي سوف يقوم بها سواء كانت هذه الاختبارات فيزيائية او كيميائية

والاختبارات التالية تعد اكثر الاختبارات التي يتم داخل معمل مياه الصرف

o القلوية الكلية Alkalinity

o الأمونيا Ammonia .

o الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand

o الأكسجين الحيوي المستهلك Biochemical Oxygen Demand .

o المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids

o الكلور المتبقي Chlorine(residual)

o الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

o التوصيلية الكهربائية Conductivity

o البكتريا القلونية الكلية Total Coliform

- البكتريا القولونية البرازية Fecal Coliform Bacteria
 - النترات / النيتريت Nitrate/Nitrite
 - جهد الاكسدة والاختزال Oxidation Reduction Potential
 - الاس الهيدروجيني pH
 - الفوسفور Phosphorus
 - المواد الكلية الذائبة Total Dissolved Solids
 - النتروجين الكلي Total Nitrogen
 - العكارة Turbidity
 - الأحماض المتطايرة / القلوية Volatile Acid/Alkalinity
 - المواد القابلة للترسب Settable Solids
- اما بالنسبة للأختبارات عامة لابد لمحطل مياه الصرف ان يعرف ما يلي:
- التعريف الاساسي للأختبار
 - كيف سيتم جمع العينة بواسطة المعمل
- ١- ما نوع العينة (هل العينة بسيطة لم مركبة) .
 - ٢- ما نوع الوعاء الذي ستجمع فيه العينة.
 - ٣- مكان اخذ العينة .
- ما هي الطرق المعتمدة لحفظ العينة .
 - ما الوقت التي يستغرقه جامع العينة من بدء جمعها لايصالها للمعمل.
 - كيفية تسجيل البيانات علي العينات .
 - كيف ستحلل المنشأة العينة.
- ١- اين يمكن ايجاد الطرق المعتمدة لتحليل العينة.
 - ٢- ما هي الطرق المعتمدة لتحليل العينة .

٣- أسماء والغرض من الكواشف والمواد الكيميائية المستخدمة في التحليل.

- ٤- ما هي المعدات والأجهزة المستخدمة في التحليل.
- ٥- ما هي المتدخلات التي يمكن ان تتداخل مع العينات .
- ٦- ما الذي يمكن عمله لمنع المتدخلات من التداخل في التحليل.
- كيف يمكن عمل الحسابات المصاحبة لكل تحليل .
- ما هي مقاييس ضبط وتأكيد الجودة المفروض اتباعها .

ثانيا المعدات والأجهزة Laboratory Apparatus and Equipment

لابد للمحلل الكيميائي ان يعرف جيدا وبصورة كاملة الاجهزة التي سوف يتعامل معها ويستخدمها سواء كانت هذه الاجهزة فيزيائية أو كيميائية .
ومن الاجهزة والأدوات الشائعة التي يكاد لا يخلو منها معمل كيميائي

- الموازين الحساسة .
- جهاز قياس الأس الهيدروجيني
- جهاز تقطير المياه .
- جهاز الطيف المرئي.
- العديد من أدوات الزجاجية
- بر اجل الأء حدام السليم للاجهزة والأدوات داخل المعمل لابد لمحلل مياه الصرف ان يعرف ما يلي:

- اي لأختبارات التي سوف يستخدم فيها كل جهاز .
- كيفية تشغيل وإدارة الاجهزة .
- معدل ووقت وطريقة المعايرة لكل جهاز.
- معدل ووقت وطريقة تنظيف الاجهزة والمعدات ولادوات المعملية
- كيفية المحافظة علي الاجهزة والمعدات ولادوات المعملية .

- الطريقة المثلى لتخزين الاجهزة والمعدات ولااتوات العملية.
- الخلفية النظرية لتشغيل المعدات والاجهزة .
- كيفية اصلاح اي خلل بسيط بالاجهاز (اعادة التشغيل - اعادة الضبط - المعايير).

Basic Laboratory Procedures الرئيسية الطرق العملية

ومن الطرق العملية الرئيسية الثمانية في معظم المعامل الكيميائية

- التخفيف Dilution
 - الهضم Digestion
 - الترشيح Filtration
 - الخلط Mixing
 - ضبط الاس الهيدروجيني pH Adjustment
 - التقطير Distillation
 - اضافة وتحضير الكواشف والمواد الكيميائية Reagents addition and preparation.
 - التعقيم والتطهير Sterilization and Disinfection
 - ضبط درجة الحرارة. Temperature adjustment.
 - تحضير الماء عالي النقاوة Preparing laboratory pure water
- لابد لمحلل مياه الصرف ان يعرف جيدا وبصورة كاملة الطرق العملية الرئيسية التي تتم في المعمل مثل
- كيفية اداء العملية التحليلية الكيميائية .
 - اسماء والغرض من الكواشف والمواد الكيميائية المستخدمة في طريقة التحليل.
 - ما هي المعدات والاجهزة المستخدمة لهذه الطريقة .

- كيف يمكن عمل الحسابات المصاحبة لكل عملية تحليلية .

رابعاً ضبط وتأكيد الجودة Quality Assurance and Quality Control

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف جيداً وبصورة كاملة كيف يمكن ان يقوم باجراءات ضبط وتأكيد الجودة التالية:

- انشاء وعمل وتحليل خرائط مراقبة الجودة .
- تأسيس حد التمييز (حد الكشف) .
- طرق المقارنة بين نتائج التحليل الكيميائي .
- عمل منحنيات المعايرة .
- انشاء خطة تأكيد الجودة .
- المحافظة علي التدريب المستمر .
- القيام بالاجراءات التصحيحية .
- القيام بعمل صلاحية للنتائج والطرق والبيانات .
- تسجيل وحفظ البيانات .

خامساً الكيماويات والمخلفات المعملية Chemicals and Wastes

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف الأتي عن الكيماويات والمخلفات المعملية :

- ما نوع المادة الكيميائية المستخدمة في كل تحليل كيميائي .
- كيفية تحضير الكواشف الكيميائية .
- كيفية تخزين المواد الكيميائية .
- كيفية تحديد كميات المواد الكيميائية المطلوبة للشراء .
- ما هي معدات وإدوات الوقاية والحماية المطلوبة عند استخدام المواد الكيميائية.

- كيفية التخلص من النفايات الكيميائية .
- كيفية التخلص من النفايات البيولوجية (ذات الخطر البيولوجي) .

• كيفية ترميز وتصنيف الكيماويات المعملية .

• المواد الكيماوية المتنافرة مع بعضها.

Laboratory Safety سادسا امان وسلامة المعمل

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف جيدا وبصورة كاملة جوانب السلامة والأمان

في المعمل والتي تتضمن الاتي :

○ تخزين المواد الكيميائية بامان .

○ اطفاء ومكافحة الحرائق .

○ دولاب الغازات .

○ دوش الطوارئ وغاسل العيون .

○ الحروق والكسور.

○ الاماكن المحظورة .

○ الأحماض والقلويات والمواد المؤكسدة .

○ بطاقة بيانات الأمان للكيماويات.

○ الانسكابات الكيميائية .

○ السلامة والامان والصحة المهنية .

○ معدات الوقاية الشخصية .

Definitions and glossary سابعا المصطلحات والتعريفات

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف المصطلحات والتعريفات التالية :

- حدود النقا (٩٥% مثلا).

- الدقة.

- الاحكام (التكرارية) .

- المصادقية .

- التخصصية لطرق التحليل .

- الاختيارية لطرق التحليل.
- تكرار التحليل .
- حد الكشف .
- للخطأ المطلق.
- الخطأ النسبي.
- القيمة الكلية لعدم اليقين.
- القابلية للتكرار.
- القابلية للتماثل .

ثامنا المهارات الرياضية Math skills

- التحويل من درجة الحرارة لآخري (°C to °F and °F to °C) Temperature conversions
- حسابات الحجم Volume calculations .
- حسابات الجرعات Dosage (in pounds) calculations .
- حسابات العيارية والتركيز Normality and concentrations calculations .
- حسابات النسب المئوية Percent calculations .
- الحسابات الاحصائية Statistical calculations .

٣-٧. جمع العينات المعملية

تعد عملية جمع العينات من أهم العمليات التي تتم داخل وحدات المعالجة حيث انها من العمليات الهامة جدا والتي تعتمد عليها المؤشرات والفحوصات التحليلية، لان اية خطأ في جمع العينات يؤدي لان تكون العينة غير ممثلة للواقع وغير معبرة حقيقة عن مكوناتها الاصلية وبالتالي يؤدي اخيرا الي نتائج تحليلية معملية خاطئة. ولهذا

يجب ان تكون العينة المعملية ممثلة تمام التمثيل لنفس مكونات الكمية الكلية Bulk Material

العوامل التي تؤثر على خصائص ومحتويات عينة من مياه الصرف

تتميز عينة مياه الصرف بكثير من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مما يجعلها تتأثر بكثير من العوامل والظروف المحيطة بها وهذه العوامل منها ما هو ميكانيكي ومنها ما هو طبيعي. وعموما هناك كثير من العوامل التي تؤثر على خصائص ومحتويات عينة من مياه الصرف منها :

١- مدة بقاء العينة (زمن مكوث المياه).

٢- زمن جمع العينة.

٣- وجود تلامس للهواء مع المياه.

٤- درجة حرارة المياه.

٥- العوامل الميكانيكية.

٦- جودة وكمية مصادر المياه داخل المدينة.

١- زمن مكوث المياه Age of Sewage

يقصد بزمن مكوث المياه الوقت الذي مضى منذ دخولها شبكة الصرف الي وقت اخذ العينة ، فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون رمادية اللون ، بها مواد برازية ، يطفو علي سطحها الدهون وبعض الورق ومخلفاته ، رائحتها مبتذلة نفاذة ولكنها ليست شديدة العفونة الا انها ليست ضارة. أو كريهة. لو تركت مياه المجاري الابتدائية معرضة للهواء لمدة ثلاث أو اربع ساعات فان معظم المواد الصلبة القابلة للترسيب سوف تترسب ، وتنفقت المواد العالقة والطافية وتندمج مع بعضها مكونة سائل شبه متجانس ذو عكارة عالية ولون أشد تركيزا ، وعموما تعزي الرائحة الكريهة المنبعثة من مياه المجاري الي تعفن وتحلل المواد

العضوية داخل المياه. ولو تركت المياه لمدة اسابيع سوف تختفي العكارة ،ونقل الروائح الكريهة وذلك لتحلل معظم المواد العضوية الموجودة فيها.

٢- زمن جمع العينة Time of Collection

قوة تركيز وتركيب مياه المجاري تختلف من موسم لآخر ، من يوم لآخر ، ومن ساعة لآخر في اليوم الواحد تبعا لعادات الناس وأنشطتهم المنزلية اليومية .
فنوع الطعام المستهلك من موسم لآخر، والتغير في الأنشطة المرتبطة بالصناعة، كل ذلك يؤثر علي التركيب ومكونات المياه من فصل لآخر ، بينما المياه المنصرفة من المغاسل قد تفر من خواص المياه خلال اسبوع ، في اليوم الواحد يكون التركيز المجاري قويا في ساعات الصباح ، بينما في ساعات المساء يكون التركيز غالبا ضعيفا عنه في الصباح وهذا كله يعتمد علي كمية المياه المستهلكة خلال كل مدة .
كما انه تبعا لاختلاف النشاط التجاري كالمطاعم والفنادق من موسم لآخر علي مدار السنة ، فان مكونات المخلفات ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تتغير من موسم لآخر .

٣- وجود تلامس للهواء مع المياه Existence of Airing Contact with Sewage

المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف تحتوي علي بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يستهلك بشدة بفعل اثر البكتريا الهوائية، وفي حالة استنفاد كل الأكسجين في المياه فان البكتريا الهوائية تتوقف عن النشاط وقد تموت كليا ويصبح ماء المجاري راكدا وعفنا وداكنا في اللون ، وحينئذ تبدأ البكتريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحلل المواد العضوية وتحولها الي امونيا وغازات اخري، ويصبح الماء ذو رائحة كريهة جدا ويسمي ماء متعفنا متحللا .
ومن ناحية اخري لو ظل الماء معرضا للهواء بصورة كافية مستمرة ومتصلة فانه يبدا في امتصاص الأكسجين من الهواء، فان هذه الظروف المتعقبة اللاهوائية

سوف نقل وتختفي بمرور الوقت، ويتم تحليل المواد العضوية بصورة هادئة وبسيطة مع وجود الأكسجين ولا تنتج روائح غفنة أو تركيز عالي في اللون .
ومن هذا يتبين انه هناك نوعان من التحلل للمواد العضوية يحدثان في مياه المجاري :

النوع الاول التحلل الهوائي

وهو الذي يتم بواسطة نشاط البكتريا الهوائية (أي التي تنمو وتنشط في وجود الأكسجين) عند تواجد الأكسجين ، حيث يتم تثبيت وأكسدة المواد العضوية وينتج عن هذا مركبات ثابتة كاملاح النترات والكبريتات وثاني أكسيد الكربون ومواد أخرى غير ضارة .

النوع الثاني التحلل اللاهوائي

وهو الذي يتم بواسطة نشاط البكتريا اللاهوائية (أي التي تنمو وتنشط في غياب الأكسجين)، وينتج عن هذا التحلل غازات الفشار (الأمونيا) والميثان وكبريتيد الهيدروجين ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة وهذا ما نلمسه نتيجة لهذا التحلل.

٤-درجة حرارة المياه Temperature of Sewage

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عمليات المعالجة وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها ، وكذلك تؤثر على الكائنات الحية الدقيقة ومعدل نموها وتكاثرها.

درجة الحرارة لها تأثير واضح على نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية ، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك الي درجة حرارة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط .

وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الأسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة ، وتزداد كمية الاجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه ، والتي بدورها تصبح اكثر عكارة في لونها .

٥- العوامل الميكانيكية Mechanical Factors

العوامل الميكانيكية مثل عمليات الضخ ومرور المخلفات السائلة علي هدارات أو منحدرات أو في وحدات للظلمبات والضخ تؤدي الي تكسير وتفتت الجسيمات العالقة المتوسطة والكبيرة الحجم الي جسيمات دقيقة أصغر حجما .

٦- جودة وكمية مصادر المياه داخل المدينة Quality and Quantity of City Water Supply

جودة وكمية مصادر المياه داخل المدينة تؤثر علي خصائص مياه الصرف ، فإذا كانت مياه المدينة ذات جودة منخفضة لوجود بعض العناصر الغير مرغوب فيها ادي ذلك الي زيادة وجود هذه العناصر في مياه الصرف .

بالاضافة الي مياه الرش ومياه الامطار والتي يمكن ان تتسرب الي داخل شبكة الصرف من خلال الانابيب، فإن هذه المياه تؤثر علي تركيز كل من المواد العالقة والذائبة في مياه الصرف .

عملية جمع العينات

عملية جمع عينات مياه الصرف الصحي تشمل عدة عناصر هامة يجب ان تؤخذ في الحسبان من أجل ان تتم العملية بصورة دقيقة وكاملة تؤدي الي الهدف المرجو منها وهو الحصول علي نتائج دقيقة تمثل واقع عمليات المعالجة التي تتم داخل الوحدات.

و تشمل عملية جمع العينات العناصر الهامة الأتية :

١. الهدف من تحليل العينات.

٢. طريقة اخذ العينات.

٣. ادوات اخذ العينات.

٤. أنواع العينات.

٥. طريقة اخذ عينات الحماة.

٦. مراقبة الجودة في جمع العينات وتحليلها.

الهدف من تحليل العينات

الغرض الاساسي من وضع برنامج لأخذ وتجهيز عينات مختلفة للتحليل واجراء مختلف الاختبارات عليها هو :

١- للتأكد ان عمليات معالجة تنقية مياه الصرف الصحي قد تمت بنجاح .

٢- مدي الكفاءة التي تعمل بها كل وحدة من وحدات المعالجة .

٣- الحصول علي سجلات وبيانات تبين اذا كانت وحدات المعالجة تعمل وفقاً لتصميمها ام لا .

٤- ضبط عملية التحكم في المعالجة وتكاليفها .

٥- اكتشاف الأسباب التي تؤدي الي متاعب ومشاكل التشغيل التي تؤثر علي كفاءة التنقية وبالتالي وضع الحلول المناسبة لعلاجها وتلافيها في المستقبل .

٦- جمع المعلومات اللازمة للتخطيط المستقبلي لعمل توسعات في محطة المعالجة
طريقة اخذ العينات

عند وضع برنامج لاخذ العينات يجب ان نتذكر بان صفات المياه الخام دائمة التغير بصفة مستمرة لنفس المصدر لذلك يجب تجهيز العينات لتعطي نتائج صحيحة ومفيدة وبها جميع البيانات اللازمة .

قبل اجراء التحليل يجب الحصول علي عينة ممثلة للواقع لكي تكون النتائج وتؤدي الي قرارات سليمة في التشغيل وغالبا الاخطاء الكبرى في نتائج التحليل تأتي بسبب الخطأ في طريقة اخذ العينة وسوء حفظها ومزجها .

والطريقة الصحيحة لاخذ العينات يجب ان تتوافر لها الشروط الآتية :-

ا - يجب ان تؤخذ العينة من مكان تكون فيه جارية وليست راكدة مثل غرف التوزيع أو من خطوط طرد الطلمبات أو من القنوات التي تحمل مياه متدفقة السي مدخل المحطة أو مدخل خزان أو مروق .

ب - يجب ان لا تحتوي العينة علي المواد الطافية مثل الاعشاب والطحالب لانها لا تمثل نوعية المطلوب تحليلها وعند اخذ عينة من حنفيات يستحسن ترك الحنفية مفتوحة لمدة من ٣٠ ثانية لدقيقة لتطرد المياه المخزونة في المواسير والتي قد تترسب فيها مواد غير مرغوب فيها ثم تؤخذ المياه من المياه الجارية.

ج - يجب ان لا تحتوي العينة علي اجزاء من المادة كبيرة الحجم مثل قطعة زلط أو حجر أو علبه بلاستيك فارغة -قطعة صفيح، لذلك تؤخذ العينات الممثلة للمياه الداخلة بعد مرور المياه خلال الحواجز والمصافي.

خ - يجب ان يكون حجم العينة كافيا للقيام بالتحاليل المطلوبة .

د - يجب عمل سجل لكل عينة عند جمعها بارفاق بطاقة عليها البيانات التالية :

● موقع اخذ العينة ● يوم وتاريخ وساعة جمعها ● اسم جامع العينة

● رقم العينة والتحليل المطلوبة بالاضافة الي اية بيانات اخري.

ر - خطرا لتغير بعض الخواص سريعا مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني وكمية الأكسجين الذائب فلذلك يجب ان يتم قياسها فور جمع العينة في الموقع باستخدام أجهزة القياس المحمولة .

س - يجب وضع العينة في ثلاجة مبردة الي درجة حرارة ٤ مئوية فور اخذها لحفظها من التحلل المستمر بواسطة البكتريا ودرجة التبريد توقف نشاط البكتريا.

ل - بعض التحاليل تحتاج الي تثبيت العينة باضافة كيمائيات خاصة فور جمعها -والمعمل الكيمائي مسئول عن تجهيز زجاجات اخذ هذه العينات وعادة يمكن الحصول علي طرق تثبيت العينات من الكتب الخاصة بطرق التحليل .

هـ - يجب رج الزجاجاة بشدة قبل القيام باي تحليل وفي لحظة الاختبار حتي تحتفظ

العينة بنفس تكوينها، التهاون في اعادة مزج العينة يعطي نتائج خاطئة بسبب الترسيب السريع لكثير من مكونات العينة .

جمع العينات من الموقع

نظرا لان هناك عينات كثيرة يتم جمعها في الموقع لذلك فمن الضروري وضع خطة وبرنامج لجمع العينات حتي تصل الي المعمل جاهزة للتحليل. ويتلخص هذا البرنامج في أربعة مهام أساسية:

- ١- التحضير لجمع العينات من الموقع (تجهيز الادوات والمعدات اللازمة).
- ٢- القيام باجراء بعض التحاليل في الموقع (درجة الحرارة -pH- الاكسجين الذائب) وهذا يشمل ثلاث خطوات:

أ- جمع العينات

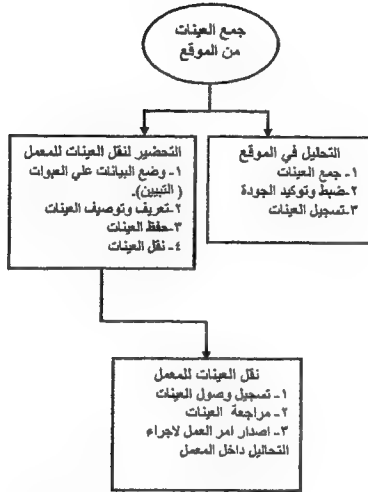
ب- ضبط وتوكيد الجودة

ج- تسجيل العينات ونتائج تحليل الموقع.

٣- التحضير لنقل العينات للموقع (التبيين - الوصف والتعريف - الحفظ - النقل)

٤- نقل العينات للمعمل (التسجيل - المراجعة - اصدار امر التحليل)

و الشكل التالي يبين عملية جمع العينات من الموقع وتحليلها .



شكل ١-٧ مخطط يبين عملية جمع العينات من الموقع

ادوات أخذ العينات

- ١- جردل مربوط جيداً بحبل طوله حوالي أربعة أمتار.
- ٢- اناء أو ورق من البلاستيك مثبت في يد خشبية طويلة وفوهة الدورق تكون واسعة حتي لا تحدث اضطراب كبير للعينه نتيجة احلال مياه العينه مكان الهواء.
- ٣- يفضل استخدام أوعية من البلاستيك ذات فوهة واسعة لحفظ العينات وذلك لان البلاستيك غير معرض للكسر ولان الأوعية المعدنية تعمل علي تلوث العينه

والسبب في اختيار الفوهة الواسعة هو سهولة افراغ العينة من الصدورق وسهولة عملية الغسيل والتنظيف.

٤- يجب ان تكون كل زجاجة عينة مصحوبة ببطاقة عليها جميع البيانات المطلوبة
مثل :

- موقع اخذ العينة.
- يوم وتاريخ وساعة جمعها.
- اسم جامع العينة.
- رقم العينة والتحليل المطلوبة بالاضافة الي اية بيانات اخري مثل درجة الحرارة أو اللون (عادي أو غير عادي).
- ٥- يمكن استخدام جامع عينات اتوماتيكي لاختذ العينات وفي هذه الحالة يجب علي العاملين ان يتدربوا علي استعمال مثل هذه الاجهزة ويتبعوا ارشادات المنتجين وخصوصا التعليمات الخاصة بتشغيل الاجهزة وتجهيز زجاجات اخذ العينات وتنظيف انابيب سحب العينة من الرواسب والاعشاب التي تتراكم بداخلها وتغير من صفات العينات.

أنواع عينات ماء الصرف

هناك نوعان من العينات وهما :

١. العينة البسيطة (المخطوفة) Grab Sample

٢. العينة المركبة Composite Sample

١. العينة البسيطة (المخطوفة) Grab Sample

وهي العينة الواحدة التي تؤخذ في اي وقت ومن اي مكان بدون برنامج زمني محدد لكي تبين خواص مياه المجاري في الوقت الذي اخذت فيه , فمثلا تتكون العينات المخطوفة من عينات مفردة أو عينات مفردة مجمعة خلال فترة زمنية لا تتعدى ١٥ دقيقة يجب أن تكون العينة المخطوفة ممثلة لظروف المياه الملوثة عند

وقت سحب العينة. ويتحدد حجم العينة بنوع وعدد التحاليل المطلوب إجرائها، وأحياناً يفضل العينات البسيطة عن المركبة في الحالات الآتية :-

ا - عندما تكون المياه غير جارية بصفة مستمرة في وحدة من وحدات المعالجة فالعينة البسيطة تعطي النتائج اللازمة.

ب - عندما تكون خواص المياه غير متغيرة فعينة بسيطة تعطي المعلومات اللازمة.

ج - عندما يراد معرفة خواص معينة حالاً فالعينة البسيطة لازمة ومناسبة لاختبار أنواع معينة من التحاليل منها الآتية :

*درجة الحرارة.

*الرقم الهيدروجيني.

*كمية الأكسجين الذائبة.

*الكلور المتبقي.

*التحليل البكتريولوجي.

ويجب إجراء هذه الاختبارات بمجرد جمع العينة فلو تركت مدة ولو بسيطة ستغير النتائج ولا تمثل الواقع .

يكون جمع العينات المخطوفة ملائماً لتشخيص نوعية المياه في وقت محدد ولتقديم معلومات حول الحد الأقصى والحد الأدنى للتركيزات وكذلك للسماح بجمع أحجام مختلفة من العينات ولتوثيق العينات المركبة ويمكن اعتبار العينات المخطوفة كافية ومرضية عندما تكون:

- مسار الصرف غير مستمر (عمليات تخلص منقطعة، عمليات منقطعة).
- خصائص مياه الصرف ثابتة نسبياً.
- المعاملات المراد تحليلها قد تتغير خلال التخزين، مثال الزيوت والشحوم ودرجة الحرارة.
- المعلومات عن الحد الأدنى والحد الأقصى أو القابلية للتغير مطلوبة.

- قابلية التغير مع الزمن أو في المكان مطلوب تحديدها (مثال :عند إجراء تقديرات ما قبل الرصد الذاتي).

وتكون الفائدة الرئيسية للعينات المخطوفة أنه يمكن إجراء التحاليل في الحال وأن سلسلة من العينات المخطوفة يمكن أن تكشف تقلبات في نوعية مياه الصرف وذلك إذا تم أخذها بتوافر كاف . ويعني أخذ العينات المخطوفة تكلفة قليلة تشمل معدات قليلة التكلفة جداً وتكاليف المعمل البشرية و الأجهزة وفي المقابل تعكس نتائجها حالة مياه الصرف لحظة أخذ العينات فقط.

١. العينة المركبة Composite Sample

تجمع هذه العينات خلال فترات زمنية محددة وإما أن يتم التجميع بطريقة مستمرة على مدى فترة زمنية محددة أو يتم مزج عينات مفردة عشوائية. وتمثل العينة المجمعة متوسط خواص المياه الملوثة خلال فترة التجميع. العينة المركبة تجمع في فترات ثابتة من الزمن (علي مدي اربعة وعشرون ساعة أو أقل في اليوم) فمثلا اذا جمعت ١٢ عينة في اثني عشرة ساعة تسمى العينة عينة مركبة لاثني عشرة ساعة .

اذا كانت نوعية وكمية مياه المجاري الواردة متغيرة فيجب ان تؤخذ عينة علي فترات متقاربة كل ساعة مثلا , اما اذا كانت الامور تسيير بدون تغيير في الكمية فيمكن اخذ عينة مرة كل ساعتين أو كل ٤ ساعات طبقا لما يقرر المعمل الكيميائي . ويتم تكوين العينة المركبة بخلط العينات المخطوفة المأخوذة في أوقات محددة من مأخذ واحد أو بأحجام محددة (مرتبطة بمعدل التدفق) من مأخذ مختلفة أو مأخذ واحد متغير التدفق وينتج عن تحليل العينة المركبة قيمة متوسطة لنوعية المياه/مياه الصرف ويتم استخدامه كثيرا للحصول على قيم متوسطة يومية . وتكمن المشكلة الأساسية في العينة المركبة في أن العينات قد تتدهور خلال فترة أخذ العينات، مما يجعل من الضروري الحفاظ عليها وكذلك يمكن الإخفاق في اكتشاف التغيرات

السريعة فى التركيب .ويمكن إجراء العينات المركبة يدويا أو عن طريق معدات متوسطة التكلفة وقد تكون تكلفة التشغيل هامة عند أخذ العينات المركبة يدويا ولكنها تكون أقل كثيرا إذا تم أخذ العينات أوتوماتيكيا.

هناك طرق عديدة لتجميع العينة وهى مبنية على أساس الزمن "Time based" أو التغيير فى معدل التدفق "Flow Based" واختيار أى من الطريقتين يعتمد على الآتى:

- متطلبات القانون للسماح بالصرف.
- التغيير فى معدل التدفق أو تركيزات الملوثات فى المياه.
- توفر الأجهزة والمعدات.
- أماكن سحب العينات.

يجب على مسئول جمع العينات معرفة هذه المعايير قبل البدء فى برنامج أخذ العينات .وإذا كان المسئول على علم أو شك فى حدوث تغيرات مؤثرة فى معدل التدفق أو عدم درايته بطبيعة المنشأة فإنه يفضل أخذ عينة مجمعة تتناسب مع معدل التدفق وفيما عدا ذلك فإن العينة المجمعـة المتناسبة مع الزمن تكون مقبولة.

وعموما الغرض من العينة المركبة هي ان تكون صالحة لاعطاء بيانات ومعلومات ونتائج صحيحة تمثل حالة التشغيل على مدى اربعة وعشرون ساعة فى اليوم ويمكن حساب كفاءة الوحدات بناء على هذه النتائج .

ويشترط تسجل كمية المياه الواردة الى المحطة فى كل مرة تؤخذ فيها العينة وتكون فى جدول كالجدول الاتي :

جدول ٧-٢

الوقت	كمية المياه الواردة م ^٣	المعامل	كمية العينة سم ^٣
٦ صباحا	٣٠٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٤٠
	٣٢٥,٠٠٠	٠,٠٨	٢٦٠
١٠	٣٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٨٠
١٢	٣٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٨٠
٢ مساء	٣٣٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٦٤
٤	٢٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٠٠
٦	٣٠٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٤٠
٨	٣٢٥,٠٠٠	٠,٠٨	٢٦٠
١٠	٢٨٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٢٤
١٢ منتصف الليل	٣٠٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٤٠
٢ صباحا	٢٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٠٠
٤	٢٨٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٢٤
المجموع			٢٩١٢

ومن هذا الجدول يتضح ان انه قد تم جمع العينات بانتظام عينة كل ساعتين وفي كل مرة تم تسجيل معدل التصرف (كمية المياه الواردة) ويجب وضع كل عينة بمجرد جمعها في ثلاجة مبردة الي درجة ٤ مئوية وفي نهاية المدة وهي مدة ٢٤ ساعة يبدأ بتجميع عينة واحدة مركبة مجمعة من ١٢ عينة جمعت ونظرا لان الكمية المطلوبة للتحليل كانت اكبر من ٢,٥ لتر ذلك اختير المعامل ٠,٠٨ لكي يعطى كمية مناسبة عند ضربه في كمية المياه الواردة ويلاحظ ان رقم المعامل المختار

يجب ان يكون ثابتا ولا يتغير لكل يعطي كمية من العينة متناسبة وممثلة للخواص الحقيقية اثناء اليوم كله .

ويجب ايضا رج كل زجاجة جيدا قبل اخذ الكمية المطلوبة لان ترك العينات فترة من الزمن في الثلجة يؤدي الي ترسيبها .

استخدام أجهزة سحب العينات الأتوماتيكية:

ويمكن استخدام أجهزة أوتوماتيكية في سحب عينات مجمعة أو عينات مخطوفة تجمع على فترات زمنية أو عند طلب عينة مستمرة (Continuous sample) وبالنسبة لسحب عينات مجمعة متناسبة زمنياً أو متناسبة مع معدل التدفق فيستخدم جهاز أوتوماتيكي لهذا الغرض.

وفي حالة سحب عينات متناسبة مع معدل التدفق فيتم تشغيل جهاز سحب العينة الأوتوماتيكي من خلال تشغيل جهاز قياس معدل التدفق الملائم له والمرتبط بتشغيله. ويمكن أيضا في هذه الحالة سحب العينات باستخدام جهاز أوتوماتيكي مزود بعدة قارورات بحيث يتم خلط العينات الفردية بمعرفة المفتش على أساس نسب معدل التدفق لعمل العينة المجمعة.

ويجب أن تقي أجهزة سحب العينات الأوتوماتيكية بهذه المتطلبات:

- التنظيف التام لجميع أجزاء الجهاز والمعدات الملحقة لتجنب تلوث العينات من استخدامات سابقة.
- يجب ألا تمر العينة المراد تحليلها على أجزاء الجهاز المعدنية أو البلاستيكية التي يمكن أن تؤثر على نتائج التحاليل لبعض المؤشرات.
- يجب أن يوفر الجهاز إمكانية حفظ العينات لفترة بعد سحبها من خلال التبريد أو باستخدام الثلج في الموقع.
- يجب أن يوفر الجهاز إمكانية سحب عينة كبيرة الحجم لتكفي لجميع التحاليل المطلوبة.

- يجب ألا يقل حجم العينة المفردة عن ١٠٠ ملل.
- يجب أن يوفر الجهاز إمكانية رفع حتى ٢٠ قدم على الأقل وأن يسهل التحكم في الجهاز حيث أن حجم العينة يتوقف على قدرة الرفع للمضخة.
- يجب ألا تقل سرعة الضخ عن قدمين/ثانية حتى يتم نقل للجزيئات الصلبة وضمان عدم ترسبها.
- يجب أن يتم تنظيف الخط الموصل للمضخة قبل سحب كل عينة.
- يجب ألا يقل قطر خط أنبوب السحب عن ٤/١ بوصة.
- يجب توافر مصدر طاقة لتشغيل الجهاز فترة كافية حتى الانتهاء من أخذ العينة أو استخدام وصلات الكهرباء الموجودة بالمنشأة إذا أمكن.

سحب العينات يدويا:

تستخدم الطريقة اليدوية في سحب العينات المخطوفة أو لإجراء التحاليل العاجلة بالموقع ويمكن استخدام هذه الطريقة كبديل للجهاز الأتوماتيكي لجمع العينات المجمعة خلال فترات زمنية مطولة وبخاصة عند تقييم الخواص الغير عادية للصرف.

وتعتبر أفضل طريقة لجمع العينات يدويا هو باستخدام نفس الأوعية التي يتم فيها التجميع لنقل العينة إلى المعمل للتحليل مما يقلل من احتمالية تلوث العينة بالأوعية الانتقالية ولكن في حالة عدم استطاعة المختص عند جمع العينة الوصول إلى مكان سحب العينة فيمكن استخدام وعاء مبدئي يتم سحب العينة فيه ثم توزيعها على الأوعية الأخرى التي ستقل إلى المعمل وفي هذه الحالة يتحتم تنظيف الوعاء المستخدم في سحب العينة تنظيفا جيدا إلى جانب اختيار وعاء مصنع من مادة لا تتفاعل مع مكونات مياه الصرف ولا تؤثر على تحاليل المؤشرات المطلوبة والنسبة للعينات التي يتم سحبها لتحليل الزيوت والشحوم والبكتريا والفينول

والمركبات العضوية المتطايرة والكبريتيدات فيجب أن يتم سحب العينة مباشرة إلى الأوعية التي تنتقل فيها إلى المعمل.

فى بعض الأحيان يفضل استخدام مضخة لسحب العينة من مجرى مياه الصرف . وفى هذه الحالة يجب التأكد من أن جميع أجزاء المضخة التى تلامس العينة نظيفة تماما وخالية من أى ملوثات . وفى أثناء سحب العينة يدويا يتم أولا اختيار منطقة فى مجرى مياه الصرف يكون فيها المزج جيدا ثم يتم إدخال الوعاء داخل الماء بحيث تكون فتحة الوعاء مواجهة لمصدر التدفق . وإذا كان الوعاء به بعض المواد الحافظة فيجب عدم ملئه فوق اللازم.

العوامل المتبعة لاختيار مواقع أخذ العينات

يجب أن تكون المواقع المختارة لأخذ العينات أماكن ممثلة للعينة . بمعنى أن الموقع الصحيح لأخذ العينات هو الموقع الذي يمكن أن تؤخذ منه عينة بحيث يتم قياس المؤشرات بالشكل الذي يعطي توصيفا دقيقا لنوعية المياه وبحيث تعكس المؤشرات المقاسة حالة هذه المياه بدقة.

العوامل المؤثرة على اختيار موقع أخذ العينات هي كالاتي:

١- تجانس المياه الملوثة

مزج وخطط المياه الملوثة يؤدي إلى تجانس وتوزيع منتظم لمكونات المياه الملوثة.

٢- عدم تجانس المياه الملوثة

المزج السيئ للعينات من المياه الملوثة يؤدي إلى عدم تجانس خصوصاً المادة الصلبة المترسبة فيحدث عدم التجانس من حدوث تفاعلات كيميائية أو بيولوجية بالمياه الملوثة مما يؤدي إلى تغير الأس الهيدروجيني بالمياه وتغير فى خواص المياه.

٣- إمكانية قياس تدفق المياه

طريقة اخذ عينات الحمأة

يلاحظ ان نسبة المواد الصلبة تكون مرتفعة في اللحظات الأولى لبدء تصريفها (لترام المواد الصلبة) وخاصة عندما يتم التصريف من قاع الحوض , وكلما طال وقت التصريف كلما انخفضت نسبة المواد الصلبة لذلك يراعى عند الرغبة في جمع عينة ممثلة للحمأة ان تكون هذه العينة مركبة وذلك بجمع عينة كل دقيقة بمجرد بدء التصريف والجدول التالي مثال لذلك .

جدول ٧-٣

فترة تصريف الحمأة وتركيز المواد الصلبة

فترة تصريف الحمأة (دقيقة)	تركيز المواد الصلبة %
1.0	7.0
2.0	7.1
3.0	6.8
4.0	6.5
5.0	5.9
6.0	5.2
7.0	4.7
8.0	4.5
9.0	4.3
10	4.2

والجدول يظهر النتائج الآتية :

١. تركيز المواد الصلبة بعد ٣ دقيقة بدأ يقل وبعد ٧,٠ دقيقة بدأ يقل عن ٥ % وعند وصول نسبة المواد الصلبة الي ٤ % يجب التوقف عن صرف الحمأة لانه بعد ذلك تصبح كمية المياه اكثر من اللازم .

٢. لكي تؤخذ عينة ممثلة للحمأة يجب ان تكون عينة مركبة مجمعة مكونة من احجام متساوية جمعت كل دقيقة وخطها جيدا - ولكن اذا اخذت عينة بسيطة فاما

ان تكون مركزة اذا جمعت في الدقيقة الأولى أو تكون مخففة اذا جمعت في الدقائق الأخيرة ،ومن هذا فان العينة البسيطة لا تمثل الواقع .

٣.يراعي ضرورة رج زجاجات العينات جيدا قبل خلطها أو تحليلها لانها معرضة للترسيب السريع .

٤ . يجب حفظ العينات في ثلاجة عند درجة حرارة ٤ مئوية لوقف نشاط الكائنات الحية الدقيقة والتي قد يؤدي نشاطها الي تغير في طبيعة وخواص العينة .

٥.يجب علي مسئولو المعمل امداد جامعي العينات بالكيمائيات اللازمة لحفظ العينات وتثبيتها وذلك عند الحاجة لعمل تحليلات خاصة مطلوبة .

والجدول التالي يبين ظروف وشروط حفظ العينات

جدول ٧-٤

ظروف وشروط حفظ عينات ماء الصرف

الاختبار	وعاء العينة	حجم العينة	الحفظ	زمن الحفظ والوصول
المواد العالقة / الأكسجين الحيوي	بلاستيك	١ لتر	٤ مئوية	٢٤ ساعة
النيتروجين (كداال)	بلاستيك	١ لتر	حمض الكبريتيك pH أقل من ٢ ٤ مئوية	٢٨ يوم
الزيوت والدهون	زجاج	١ لتر	حمض الهيدروكلوريك pH أقل من ٢	٢٤ ساعة
المعادن	زجاج كهربائي بغطاء من التفلون	٢ لتر	حمض النيتريك pH أقل من ٢	٦ شهور

الفينولات	زجاج	٠,٢ لتر	حمض الفسفوريك pH أقل من ٢ كبريتات نحاس ٤ منوية	٢٤ ساعة
الكبريتيدات	بلاستيك	٠,٥ لتر	٢ مل اسيتات خارصين	٢٤ ساعة
المواد العضوية المتطايرة	زجاج معتمد بغطاء من التفلون	٤٠ مل	٤ منوية	٢٤ ساعة

*كل العينات تحفظ في الثلاجة في ٤ منوية.

مراقبة الجودة في جمع العينات وتحليلها

١- عملية جمع العينات عملية دقيقة وحساسة لان جميع النتائج المعملية تعتمد في دقتها علي كون العينة ممثلة للواقع ام لا ، ومن ثم فان عملية جمع العينات تحتاج لخطة محددة منظمة تحدد بالظبط للمحددات الآتية :-

*اماكن اخذ العينات

*طريقة جمع العينات

*ما اذا كانت العينة بسيطة أو مركبة

*كمية العينة اللازمة للتحليل

*وقت اخذ العينة وزمن وصولها الي المعمل

*نوع وطبيعة وعاء جمع العينة

*وسيلة النقل المناسبة المستخدمة لنقل العينات من الموقع الي المعمل ويجب ان

تكون الوسيلة مناسبة لضمان سرعة وصول العينة خلال الزمن المحدد

* المواد اللازمة لحفظ العينة.

٢- بعض التحليلات مثل قياس درجة الحرارة -الرقم الهيدروجيني -كمية الأكسجين الذائبة -القلوية الكلية .يجب قياسها بمجرد الجمع لسرعة تغيرها ويفضل قياسها في الموقع .

٣- المعمل مسئول عن تجهيز الأدوات المناسبة لجمع العينات من زجاجات ومبردات وأدوات الجمع والتأكد من مطابقتها للمواصفات والمعايير القياسية السليمة، وايضا التأكد من ان هذه الأدوات مطابقة لنظم السلامة والامان حتي لا يتعرض جامعي العينات لاية مخاطر محتملة .

٤-المعمل مسئول عن تزويد جامعي العينات بالمواد اللازمة لحفظ العينات وتثبيتها طبقا للتحاليل المطلوبة وطبقا لمدة حفظها والمواد الكيماوية يجب ان تكون عيارية ومضبوطة وحديثة التحضير.

أ-جامعي العينات مسئولين عن سلامة العينة من لحظة جمعها الي وقت تسليمها للمعمل وان لا تكون العينة ملوثة باية مواد تعطي نتائج خاطئة .

ب- زجاجات العينات يجب ان تكون نظيفة وتغسل جيدا قبل استعمالها وكل اختبار له زجاجة معينة وتتراوح سعة زجاجات العينات من 1 لتر الي 3 لترات حسب الاختبارات المطلوبة ، زجاجات الاختبارات البكتريولوجية يتم تجهيزها بمعرفة اخصائي الميكروبيولوجي .

ج-زجاجات عينات الحماية يجب ان تكون ذات سطح املس ويجب غسلها بعناية وباستعمال منظفات خاصة طبقا لتعليمات المعمل ، وان تكون جافة تماما بعد غسلها وشطفها.

د -لا تستعمل في جمع العينات الزجاجات التي بها كيماويات حفظ وتثبيت والطريقة الصحيحة هي ان تجمع العينة في جردل ثم تفرغ بحرص شديد في الزجاجة مع رجها بشدة لكي تختلط الكيماويات بمياه العينة .

احرص علي تدوين كافة البيانات اللازمة علي البطاقة المصاحبة للعينة مثل مكان اخذ العينة وتاريخ ووقت اخذها ونوع العينة اذا كانت بسيطة أو مركبة ، واذا كان بها مواد حافظة والتحاليل المطلوبة واسم جامع العينة والشخص الذي حملها للمعمل ووقت تسليمها للمعمل وأية بيانات اضافية يلزم الاقادة بها .

امثلة عن كيفية حساب حجم العينة

$$\frac{\text{الحجم الكلي للعينة المطلوبة}}{\text{مقدار حجم العينة المطلوبة في ساعة معينة}} = \text{متوسط معدل التصريف} \times \text{عدد العينات}$$

مثال ١

عينة مركبة تم جمعها كل ساعة علي مدار يوم كامل عند مدخل محطة معالجة فاذا علمت ان الحجم الكلي للعينة هو ٢ لتر
- وقت العينات عند ٢٤ ساعة = $60 \times 24 = 1440$ دقيقة .
- معدل الجمع ١ ساعة = ٦٠ دقيقة.

$$\frac{\text{وقت العينات (دقيقة)}}{\text{عدد العينات}} = \text{معدل الجمع (دقيقة لكل عينة)}$$

$$\text{عدد العينات} = \frac{60 \times 24}{24} = 60 \text{ عينة}$$

$$\frac{\text{الحجم الكلي للعينة}}{\text{عدد العينات}} = \text{حجم العينة المطلوبة}$$

$$\text{حجم العينة المطلوبة } 2 \times 1 / 24 = 0.08333 \text{ لتر} = 83.333 \text{ مليلتر/عينة.}$$

مثال ٢

عينة مركبة تم جمعها كل ساعة علي مدار يوم كامل عند مدخل محطة معالجة فاذا علمت ان الحجم الكلي للعينة هو ٤ لتر .
- وقت العينات ٨ ساعة = $60 \times 8 = 480$ دقيقة علما ان متوسط التصريف ٥٠٠٠ متر مكعب يوم ؟.

$$\text{معدل الجمع} = \frac{480}{5000} = 0.096 \text{ لتر/دقيقة}$$

-معدل الجمع ٢/١ ساعة = ٣٠ دقيقة

عدد العينات $8 \times 60 / 30 = 16$ عينة

حجم العينة المطلوبة = $16/4 = 0.25$ لتر / عينة

أمثلة للأخطاء العملية في جمع العينات

١- جمع عينات المخرج من اخر نقطة في حوض التلامس بالكلور .

والصحيح ان نجمع العينات عند نقطة سقوط الماء علي مسافة ١ قدم من الهدار (شكل V) في منتصف الحوض وعلي عمق ١ قدم .

٢- عدم تسجيل درجة حرارة والرقم الهيدروجيني للعينات في الموقع وقت اخذ العينة تماما .

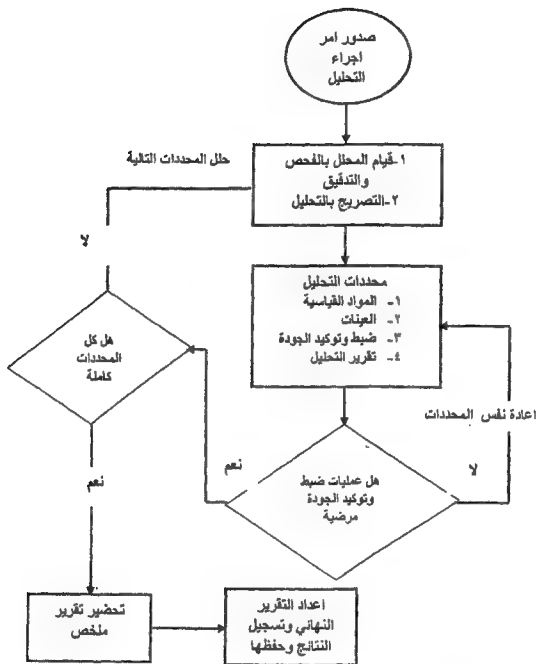
٣- عدم كتابة البيانات علي العينات حالة جمعها والانتظار حتي الوصول للمعمل.

٤- وصول عينات مياه الصرف الخاصة باحواض التهوية للمعمل بعد ساعة من جمعها. (تاخر العينات يؤثر علي اختبار معامل حجم الحمأة ومعدل ترسيبها).

أرسال العينات للمعمل

بعد التأكد من جودة جمع العينات وسلامة الاجراءات وعمليات الجمع وصحتها ترسل العينات الي المعمل لاجراء الاختبارات عليها من خلال خطوات محددة ومدرسة جيدة متابعة للتحقق من جودة النتائج المتحصل عليها . وتبدأ هذه الخطوات بصدور امر التحليل وتنتهي باعداد التقرير النهائي وكتابته وتسجيل النتائج وحفظها وتوثيقها .

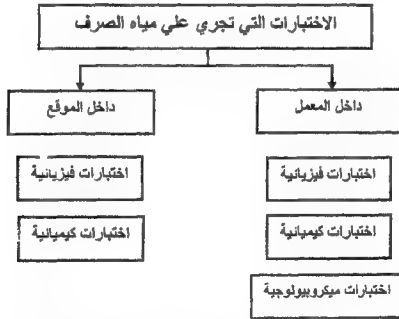
والشكل التالي يبين خريطة التدفق لعمليات الفحص والتحليل وكتابة التقرير داخل المعمل.



شكل ٧-٢ خريطة التدفق لعمليات الفحص والتحليل وكتابة التقرير داخل المعمل

٧-٤. أختبارات مياه الصرف

تجري الأختبارات علي مياه الصرف طبقا للمواصفة القياسية لاختبارات المياه ومياه الصرف. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Ed. وهي الطريقة المعتمدة لدي وكالة حماية البيئة الامريكية Environmental Protection Agency EPA وايضا هي الطريقة المعتمدة في معامل المياه ومياه الصرف داخل مصر. وتتقسم الاختبارات من حيث مكان اجراؤها الي نوعين وهما الاختبارات التي تتم في الموقع اي مكان اخذ العينة والاختبارات التي تجري داخل المعمل. والشكل التالي يبين هذه الانواع .



شكل ٧-٣ مخطط لانواع الاختبارات التي تجري علي مياه الصرف

أولا الأختبارات الفيزيائية Physical Tests

وهي الأختبارات التي تعتمد علي الخواص الفيزيائية للعينات المراد قياسها مثل الحرارة والعكارة والحجم. وتشمل الأختبارات الآتية :-

- درجة الحرارة Temperature
- قيمة الأس الهيدروجيني pH
- العكارة Turbidity
- المواد القابلة للترسيب Settable Solids
- المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids

درجة الحرارة Temperature

قياس درجة حرارة العينات من القياسات الهامة لمياه الصرف خلال مراحل المعالجة المختلفة وذلك لارتباط درجة الحرارة بالعديد من الأختبارات الاخرى كالرقم الهيدروجيني والأكسجين الذائب ، كما ان معرفة درجة حرارة المياه نعرفنا مدى ملائمة الوسط الذي تعيش فيه الكائنات الدقيقة للقيام بعملها ودورها الهام في المعالجة .

وتعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عمليات المعالجة وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها ، فان عمليات المعالجة تكون أكثر كفاءة في إزالة الملوثات صيفاً عنه في الشتاء وذلك لازدياد نشاط الكائنات الدقيقة ، مع ارتفاع درجة الحرارة حتي مدي معين ، اذا تتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية لكل زيادة في درجات الحرارة مقدارها ١٠ درجات مئوية ، وكذلك تؤثر علي الكائنات الحية الدقيقة ومعدل نموها وتكاثرها ، ودرجة الحرارة لها تأثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية او اللاهوائية ، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط

البكتيري وذلك الي درجة حرارة معينة ياخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط .

وبالتالي فان ارتفاع درجة الحرارة نسهم في الأسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة ، وتزداد كمية الاجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه ، والتي بدورها تصبح اكثر عكارة في لونها .

وقياس درجة الحرارة مفيد في اكتشاف التغيرات التي تحدث في مياه المجاري الخام ، فمثلا حدوث انخفاض في درجة الحرارة يشير الي وجود تسرب لمياه الرشح الباردة الي داخل شبكة مواسير المجاري ، كما ان حدوث ارتفاع في درجة الحرارة يشير الي وصول مياه ساخنة من مخلفات الصناعة الي محطة المعالجة . وقياس درجة الحرارة ضروري جدا لتشغيل المحطة وتستخدم في حساب درجة تشبع المياه بالأكسجين الذائب

وغالبا تقاس درجة حرارة العينات في الموقع عند أخذ العينة مباشرة بواسطة ترمومتر زئبقي تكون مدي الدرجات فيه من صفر الي ١٠٠ مئوية. وقد يستخدم مقياس للحرارة كهربي محمول لهذا الغرض.

رقم (قيمة) الاس الهيدروجيني pH value

هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين في سائل ما ، وهو تعبير علي تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول اي مقياس الحموضة والقلوية ، وهذه القيمة تبدأ من صفر الي ١٤ ، وقيمة الاس الهيدروجيني لمياه المجاري تتراوح بين ٦,٥ الي ٨,٥ واذا تغيرت هذه القيمة عن ذلك المعدل يدل ذلك علي احتمال ورود مخلفات صناعية لمحطة المعالجة .

يعد قياس قيمة الاس الهيدروجيني من اهم الاختبارات الفيزيائية التي تجري علي مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي ومياه الشرب ، وتاتي اهمية ذلك من ان قاعدية او حامضية وسط المعالجة يلعب دورا هاما ويؤثر بفاعلية علي

جميع التفاعلات الكيميائية والطبيعية والبيولوجية خلال مراحل معالجة مياه الصرف المختلفة .

وفي عمليات الحماة المنشطة تتأثر البكتريا الهوائية لحامضية وقاعدية المياه الموجودة فيها ، ولهذا نجد ان الوسط المتعادل (قيمة الاس الهيدروجيني = ٧) هو من انسب واكثر القيم الملائمة لنشاط كثير من أنواع البكتريا الهوائية الموجودة في مياه الصرف ، الا ان البكتريا يمكنها النمو في مدى للاس الهيدروجيني يتراوح من ٦,٥ الي ٨,٥ .

وفي قيم أقل من ٥ او اكثر من ١٠ فان النمو البكتيري يتوقف تماما وتتوقف معه كافة العمليات الحيوية التي تقوم بها البكتريا .

العكارة Turbidity

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كأختبار لقياس مدى جودة المياه المدسرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. و تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودفقة حبيباتها. وغالبا تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه المخرج) كأختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدى احتوائها على مواد عالقة .

ويستخدم جهاز قياس العكارة الكهربائي Turbidimeter بوحدة Nephelometric Turbidity Units NTU او بوحدة Jakson Turbidity Unit JTU . ويتم قياس العينات مباشرة بعد معايرة الجهاز باستخدام المحلول القياسي . واتباع خطوات تشغيل وقياس العينات المرفقة لكل جهاز .

المواد القابلة للتسريب Setttable Solids

وهي المواد الثقيلة في الوزن ويتم رسوبها في القاع عندما تقل سرعة تيار مياه المجاري.

ويمكن تقدير كمية هذه المواد بأخذ لتر من عينة المجاري ووضعها في قمع امهوف المخروطي الشكل وبعد سكونها لمدة ساعة تقدر حجمها بالسنتيمتر المكعب في اللتر.

وهذا الاختبار يساعد علي تقدير كمية المواد القابلة للترسيب والازالة في أحواض الترسيب الابتدائية.

ويتم هذا الاختبار علي عينات المنخل والعينات الداخلة لحوض الترسيب الابتدائي والعينات الخارجة منه والعينات الخارجة من حوض الترسيب النهائي .

قياس المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids

تشمل للمواد العالقة الكلية كل المواد الطافية والعالقة سواء علي سطح الماء أو في داخله، وهذه المواد العالقة يمكن ان تنقسم الي نوعين ، الاول هو المواد السهلة الترسيب وهي التي تترسب تلقائيا في المياه عندما تكون المياه ساكنة قليلة الحركة وتقدر بحوالي ٥٠ % من المواد العالقة ، بينما النوع الثاني هي المواد صعبة الترسيب وهي لا تترسب بسهولة أو في وقت قصير نسبيا وتحتاج لوقت طويل لترسيبها وتمثل حوالي ٥٠ % من المواد العالقة .

وتعرف المواد العالقة معمليا بانها هي وزن المواد التي يمكن حجزها علي وسط ترشيح بعد تجفيفها في فرن درجة حرارته من ١٠٢ الي ١٠٥ مئوية، وتقدر كميتها بالمليجرام في اللتر .

* عملية الحماة المنشطة تزيل نسبة كبيرة من المواد العضوية الذائبة والمواد العالقة ، لذا فان إزالة هذين العنصرين يحدد كفاءة عملية المعالجة بدقة .

فالمواد العضوية الموجودة في المياه المعالجة الخارجة من المروقات النهائية تكون معها المواد العالقة التي قد تكون تسربت وخرجت مع المياه الخارجة من المروقات ومن ثم فقياس وتحديد إزالة المواد العالقة لا يحدد فقط كفاءة المعالجة في إزالة المواد الصلبة بل يحدد ايضا مدي إزالة المواد العضوية .

وتنقسم المواد العالقة الكلية الي:

المواد العالقة المتطايرة Volatile Suspended Solids

المواد العالقة الغير متطايرة Non Volatile Suspended Solid

والمواد العالقة المتطايرة هي التي تقدر عندما توضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة حرارة ١٠٣ مئوية في فرن حرق درجة حرارته ٥٥٠ مئوية ، تتطاير جميع المواد العضوية منها بالحرق فكمية المواد التي تطايرت تحسب بالمليجرام في اللتر . (وتمثل المواد المتطايرة كل المواد العضوية سواء في صورة مركبات او خلايا ونواتج البناء والهدم العضوية للكائنات الدقيقة الحية وبقيابها وأنسجتها الميتة .

والمواد العالقة المتطايرة تمثل حوالي من ٧٠ الي ٨٠ % من المواد العالقة الكلية في مياه المجاري ومياه للسائل المخلوط .

والمواد العالقة التي لم تحرق وظلت داخل فرن الحرق كما هي تعرف بالمواد العالقة الغير متطايرة وهي تمثل المواد الثابتة الغير عضوية مثل جسيمات الرمل الدقيقة .

وتدخل قيم المواد العالقة المتطايرة والغير متطايرة في حسابات التحكم في عمليات المعالجة المختلفة ودرجة ازالة والتخلص من لمواد الصلبة .

تقدير كمية المواد الصلبة العالقة من اهم الاختبارات التي تجري علي مياه المجاري كدليل علي قدرة وحدات المعالجة علي ازالة المواد الصلبة العالقة وكثير من الملوثات المصاحبة لها .

والجدول التالي يبين المدي العادي لنتائج اختبار قياس المواد الصلبة العالقة

جدول ٧-٥

مدي قياس المواد الصلبة العالقة لعينات من مياه الصرف

العينة	المدي العادي مجم / لتر
مياه المجاري الخام	١٥٠-٤٠٠ (تعتبر مجاري ضعيفة التركيز) أكثر من ٤٠٠ (تعتبر مجاري قوية التركيز)
المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي	٦٠-١٥٠ مجم / لتر
الخارج من حوض الترسيب النهائي	١٠-٣٠ جيد أكثر من ٣٠ رديء
الحماة المنشطة	
السائل المخروط	١٠٠٠-٥٠٠٠
الحماة الراجعة	٢٠٠٠-١٠٠٠٠
فائض حوض التخثير	٣٠٠٠-٩٠٠٠

ملحوظة

النتائج التي نحصل من هذا الاختبار لا يعني بالضرورة ان كل المواد العالقة سوف ترسب في حوض الترسيب الابتدائي أو النهائي . فبعض المواد يكون حجمها ووزنها ضئيل بحيث لا تترسب الا بعد معالجات اخري اضافية وعلي ذلك فان المواد العالقة هي مجموع المواد التي يمكن ترسيبها .

طريقة قياس المواد العالقة

الاجهزة المستخدمة

- ميزان حساس (حساسية ثلاث أرقام علي الأقل).
- فرن تجفيف.

- مضخة تفريغ وشفط.
- مخبار مدرج.
- بوتقة جوش للترشيح (أو طبق مصنوع من الألمنيوم الرقيق) مثبتة علي
- دورق ترشيح.
- ورق ترشيح (اللياف الزجاجية تستعمل في الترشيح).

طريقة تجهيز جفنة جوش للترشيح

- أ- نضع جفنة جوش علي دورق الترشيح وتوصل بمضخة التفريغ .
- ب- قرص ورق الترشيح (الاليف الزجاجية) في قاع الجفنة .
- ت- يغسل المرشح بكمية قدرها ٢٠٠ مل من الماء المقطر .
- ث- تجفف الجفنة والمرشح في فرن التجفيف عند درجة حرارة قدرها ١٠٣ - ١٠٥ مئوية لمدة ساعة .
- ج- تبرد الجفنة في جفنه في مجفف وتوزن فارغة

التجربة

- ١.ضع جفنة جوش المحتوية علي قرص الترشيح والتي تم وزنها فارغة علي دورق الترشيح الموصل الي طلمبة التفريغ .
- ٢.طبقا لما تحتويه العينة من مواد عالقة ابدأ بترشيح مقدار من العينة يتراوح بين ٥٠ مليليتر الي ١٠٠ مليليتر .
- ٣.أغسل المواد المتبقية علي قرص الترشيح بالماء المقطر ثلاث مرات .
- ٤.تجفف الجفنة بما تحتويه من مواد عالقة عند درجة حرارة ١٠٥ مئوية حتي تعطي وزنا ثابتا(من ١ الي ٣ ساعة).
- ٥.توزن الجفنة بعد تبريدها في مجفف ويشمل وزنها بما تحتويه من مواد عالقة .

الحساب

سوف نعطي مثالا لذلك

كمية العينة المرشحة ١٠٠ مليلتر
 وزن الجفنة وورقة الترشيح والمواد العالقة ١١٥٠,٠ مجم
 وزن الجفنة وورقة الترشيح ١١٧١,٠ مجم
 وزن المواد العالقة في ١٠٠ مل ١١٧١ - ١١٥٠ = ٢١ مجم
 تركيز المواد العالقة $21 = 100 \div 1000 \times 210$ مجم / لتر

ثانياً الاختبارات الكيميائية Chemical Tests

وهي الاختبارات التي تعتمد علي الخواص الكيميائية للعينات المراد قياسها مثل الخواص العضوية والغير عضوية ، وتعتمد علي قياس محددات معينة أو عناصر معينة في عينات مياه الصرف.
 وتشمل الاختبارات الآتية :-

Dissolved Solids	- المواد الصلبة الذائبة
Total Solids	- المواد الصلبة الكلية (ذائبة + عالقة)
Dry Solids%	- الوزن الجاف للجصاة
Dissolved Oxygen	- الأكسجين الذائب
Oxygen Consumption Rate	- معدل استهلاك الأكسجين
Nitrification Rate	- معدل تثبيت النتروجين (النيترة)
Biochemical Oxygen Demand	- الأكسجين الحيوي المستهلك
Chemical Oxygen Demand	- الأكسجين الكيميائي المستهلك
Total Oil and Grease	- الزيوت والدهون الكلية
Total Nitrogen	- النتروجين الكلي
Ammonia	- الأمونيا
Nitrate	- النترات
Nitrite	- النيتريت

Phosphorous	- الفسفور
Sulfur	- الكبريت
Chlorides	- الكلوريدات
Residual Chlorine	- الكلور المتبقي
Total Alkalinity	- القلوية الكلية
Volatile Acids	- الأحماض المتطايرة

وسوف نذكر أهم الأختبارات الكيميائية التي تجري علي مياه الصرف من خلال السطور القادمة

الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

يعتمد الأكسجين الذائب في المياه علي المياه الطبيعية ومياه المخلفات علي الأنشطة الحيوية والطبيعية والكيميائية في المياه ويعد اختبار الأكسجين الذائب من الأختبارات الهامة الاساسية في تلوث المياه والتحكم في معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي . فقياس الأكسجين الذائب لحوض التهوية يتم أكثر من مرة في اليوم للمحافظة علي تركيز ثابت من الأكسجين الذائب داخل حوض التهوية فلا بد من توفير تركيز كافى للأكسجين الذائب في أحواض التهوية (اللازم لكافة العمليات الحيوية والبيولوجية داخل الأحواض) ، وغالبا ما يتراوح التركيز من ١ الي ٤ ملليجرام / لتر .

طريقة قياس الأكسجين الذائب

اولا القياس المباشر

يمكن قياس الأكسجين الذائب لعينات المياه بواسطة جهاز قياس الأكسجين حيث يتم معايرة الجهاز وظبطه قبل القياس ثم يوضع الالكترود داخل عينة المياه او داخل الخزان المراد قياس الأكسجين به وتؤخذ القراءة.

حساب النسبة المئوية للتشبع بالاكسجين الذائب

يطلب احيانا حساب المئوية للتشبع بالاكسجين الذائب في المياه المعالجة فاذا كانت كمية الاكسجين الذائب في العينة هي ٥ مجم /لتر ودرجة الحرارة هي ٢٠ مئوية . من الجدول التالي درجة تشبع المياه بالاكسجين عند ٢٠ مئوية هي ٩,٢ مجم /لتر . لاحظ ان درجة التشبع بالاكسجين تقل بارتفاع درجة الحرارة والجدول التالي يعطي درجة التشبع ١٠٠% عند درجات الحرارة المختلفة .

الاكسجين الذائب في العينة مجم /لتر $\times 100$

----- = نسبة التشبع بالاكسجين

الاكسجين الذائب عند التشبع

$$= \left[\frac{5 \text{ مجم /لتر} \times 100}{9,2} \right] = 54,34 \%$$

قياس الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand

يعتبر الأكسجين الحيوي المستهلك من أهم الاختبارات التي تحدد كفاءة المعالجة البيولوجية ، وهو مؤشر هام لكمية المواد العضوية الموجودة في المياه بمختلف أنواعها وخاصة التي تحتوي علي نسبة من الملوثات .

وتصمم معظم محطات معالجة المخلفات السائلة علي قيمة الأكسجين الحيوي المستهلك خلال جميع مراحل المعالجة البيولوجية للمحطة ، فقيمة الأكسجين الحيوي المستهلك تحدد بدقة قيمة الحمل العضوي الموجود في المياه من لحظة دخولها محطة المعالجة حتي لحظة خروجها منقاة .

وينقسم الأكسجين الحيوي المستهلك الي جزئين :-

(أ) الأكسجين المستهلك في أكسدة المواد العضوية الكربونية

Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand

(ب) الأكسجين المستهلك في أكسدة المواد العضوية النيتروجينية

Nitrogenous Biochemical Oxygen Demand

ويعرف قيمة الجزيئين بالأكسجين الحيوي المستهلك الكلي

Total Biochemical Oxygen Demand

$$T. BOD = C.BOD + NBOD$$

ويري كثير من العلماء الأكسجين المستهلك الكربوني يتم خلال ١٠ الى ١٤ يوما من بداية التجربة ، وبعد ذلك يبدأ أكسدة المواد النيتروجينية ، ويستغرق أكسدة كل من المواد الكربونية والنيتروجينية حوالي ٢١ يوما .

ولهذا الاختبار أهمية كبرى في مدي تأثير صرف المخلفات السائلة علي حياة الكائنات المائية كالأسماك والكائنات الاخرى في المسطحات المائية .

تعريفه

يعرف الأكسجين الحيوي المستهلك بأنه كمية الأكسجين الذي تستهلكه الكائنات

الحية الدقيقة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا .

ولأن الأكسجين الحيوي المستهلك يعبر عن المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا والتي بدورها تنقسم الي ثلاث اقسام مواد بسيطة سريعة التحلل بيولوجيا حيث يتم تحليلها بسهولة وبسرعة وتعرف Soft BOD

مواد متوسطة التحلل بيولوجيا حيث يتم تاخذ وقتا متوسطا ساعات لتحلل بيولوجيا مواد بطينة التحلل بيولوجيا حيث يتم تحليلها بصعوبة وتاخذ من ساعات الي ايام لتحلل وتعرف Hard BOD

الاختبار

يتم الاختبار علي عينة مخففة من المخلفات السائلة ، ويستخدم في تخفيف المخلفات السائلة ، مياه مقطرة تحتوي علي عناصر تحتاجها البكتريا في نشاطها ، مثل الفوسفات وكبريتات الماغنسيوم وكلوريد الكالسيوم وكلوريد الحديد ، ويتم تشبع المياه المقطرة بالأكسجين الذائب بتهويتها مدة معينة ، وهذا الأكسجين الذائب يكفي لنشاط البكتريا طيلة مدة الاختبار والذي يتم في خمسة ايام .

وتستمر التفاعلات الميكروبيولوجية في اختبارات الأكسجين الحيوي المستهلك اذا استمرت التجربة لاكثر من خمسة ايام .

طريقة قياس الأكسجين الحيوي المستهلك

أ- تخفف عينات مياه الصرف تحت الاختبار بنسب مختلفة تتناسب مع تركيز المواد العضوية وحجم العينة مع ملاحظة ان زجاجة عينات الBOD هي ٣٠٠ مل و عموما يكون التخفيف طبقا للجدول التالي

جدول ٦-٧

قيمة الBOD وتخفيف عينات مياه الصرف الصحي

مدي BOD بالمليجرام لكل لتر	حجم عينات الصرف الصحي بالملييلتر
٢٤٠-١٢٠	٥
٢١٠-٦٠	١٠
١٠٥-٣٠	٢٠
٤٢-١٢	٥٠
٢١-٦	١٠٠

ويمكن التخفيف بمياه شرب خالية من الكلور او بمياه مقطرة مضاق اليها بعض الاملاح ويتم تهوية مياه التخفيف لمدة ١٢ ساعة علي الأقل قبل خلطها مع مياه الصرف الصحي.

ب- تتم تعبئة عينات مزبوجة في زجاجات خاصة بهذا الاختبار، سعة كل زجاجة ٣٠٠ مل ، وذلك لكل تخفيف ، تستكمل الزجاجة بماء التخفيف المشبع بالأكسجين المذاب الذي يحتوي علي ملح فوسفات منظم ، وكبريتات الماغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم وكلوريد الحديدك والتفاعل البيولوجي العام الذي يحدث يمكن تمثيله بالمعادلة التالية :

مادة عضوية + اكسجين مذاب+ بكتريا ← ثاني اكسيد الكربون + خلايا بكتيرية جديدة

حيث تحتوي مياه الصرف الصحي علي المادة العضوية (الغذاء البيولوجي) ويحتوي ماء التخفيف علي الأكسجين المذاب .

ج- يقاس الأكسجين الذائب في زجاجة من كل تخفيف عند بداية الاختبار أو بجهاز يقيس الأكسجين مباشرة .

د- توضع الزجاجة الثانية من كل تخفيف في حضانة كهربائية عند درجة حرارة ثابتة ٢٠ مئوية وبعد خمسة ايام يقاس الأكسجين الذائب المتبقي في كل زجاجة .

ر - الفرق بين تركيز الأكسجين الذائب عند بداية التجربة وعند نهايتها بعد خمسة ايام وذلك بالنسبة لكل تخفيف ، يماوي الأكسجين المستهلك خلال خمسة ايام ، وبقسمة كمية او تركيز الأكسجين المستهلك في كل عينة مخففة علي نسبة التخفيف نحصل علي الأكسجين الحيوي المستهلك بعد خمسة ايام عند درجة حرارة ٢٠ مئوية كما توضح المعادلة الأتية :

الأكسجين الحيوي المستهلك BOD5 مجم /لتر=

[الأكسجين للذائب عند بداية التجريبمجم / لتر - الأكسجين الذائب عند نهاية

التجربة مجم / لتر] × معامل التخفيف

وتجدر الإشارة ان طريقة اخذ العينة ودرجة الحرارة تلعب دورا كبيرا في تحديد النتائج الصحيحة لقياس الأكسجين الذائب ، وعن قياس الأكسجين الذائب يجب مراعاة الامور التالية :

أ- استخدام اوعية الأكسجين الحيوي المستهلك الخاصة بجمع عينات المياه .

ب- تعبأ الاوعية بحذر شديد مع مراعاة عدم احداث اي عكارة او خلط للهواء داخل العينة.

ت- تعبأ العينات بعد ان تفتح اغطيبتها تحت الماء ، وتغلق ايضا تحت الماء علي ان يراعي عدم رجهاا وتنقل مباشرة للمعمل.

ث- بالنسبة لقياس الأكسجين الذائب فقط لحوض التهوية او اي خزان يراعي ان يقاس مباشرة في الموقع بواسطة جهاز قياس الأكسجين الذائب الكهرببي المزود بالكترودات لقياس الأكسجين.

الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand

الأكسجين الكيميائي المستهلك يعتبر قياس للمواد العضوية (القابلة للتحلل والتأكسد بيولوجيا وغير القابلة للتحلل بيولوجيا) ، لذلك فقيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك أكبر او تساوي الأكسجين الحيوي المستهلك ولا يمكن ان يكون الأكسجين الحيوي أكبر من الكيميائي .

ويعرف الأكسجين الكيميائي المستهلك بأنه كمية الأكسجين المطلوبة لأكسدة

وتكسير المواد العضوية بالتفاعل الكيميائي .

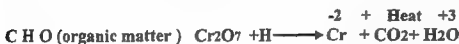
ويتميز الاختبار بأنه مقياس لجميع المواد العضوية القابلة للتأكسد سواء اكسدتها بالبكتريا او التي يصعب اكسدتها بها ، ويتم عمل الاختبار باستخدام مادة مؤكسدة قوية مثل كرومات البوتاسيوم او برمنجات البوتاسيوم ، ويضاف حمض الكبريتيك

المركز مع مواد حافزة ومواد تعادل وجود الكلوريدات ، بحيث يوضع حجم معين من مياه المجاري مع المواد المؤكسدة وحمض الكبريتيك ليتم تسخينه وهضمها لمدة ساعتين في درجة حرارة ١٤٨ مئوية وبعد هذه الأكسدة يتم معايرة هذا الخليط بمادة مثل كبريتات الامونيوم الحديدية .

ويعد الأكسجين الكيميائي المستهلك اختبار سريع ودقيق لتحديد نسبة المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري ، ويتميز اختبار الأكسجين الكيميائي بأنه اسرع واكثر دقة من اختبار الأكسجين الحيوي المستهلك واكثر تعبيراً عن تركيز المواد العضوية في المياه .

حسابات طريقة قياس الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand

يعد هذا الاختبار مقياساً جيداً للمواد العضوية التي يمكن أكسنتها كيميائياً في مياه الصرف الصحي وتستخدم في قياسه مواد الأكسدة مثل ثاني كرومات البوتاسيوم او برمنجانات البوتاسيوم ، بحيث يتم خلط مياه الصرف الصحي مع المادة المؤكسدة مع التسخين مدة كافية لمدة ساعتين في وجود حمض الكبريتيك المركز المعتوي علي كبريتات الفضة حتي تتم أكسدة المواد القابلة للأكسدة كما هو موضح في المعادلة الآتية :-



وبالتالي يمكن حساب COD بالمعادلة الآتية :

$$COD = \frac{8000(b - s)n}{\text{sample volume}}$$

Where

b is the volume of FAS used in the blank sample,

s is the volume of FAS in the original sample, and *n* is the normality of FAS.

If milliliters are used consistently for volume measurements, the result of the COD calculation is given in mg/L.

الأكسجين الكيميائي المستهلك مجم/لتر =

عيارية كبريتات الحديدوز (١- ب) $\times 8000$

حجم العينة بالملييلتر

حيث أ : هي حجم كبريتات الحديدوز المستهلك بواسطة البلاستيك.

ب : حجم كبريتات الحديدوز المستهلك بواسطة عينة الماء .

٨٠٠٠ عامل حسابي يستخدم للتعبير عن الأكسجين الكيميائي المستهلك COD بالمليجرام لكل لتر.

الكربون العضوي الكلي (TOC) Total Organic Carbon

في هذه الطريقة فإن كمية الكربون التي على صورة مركبات عضوية أو غير عضوية يتم تحويلها الى صورة واحدة بسيطة وهي ثاني أكسيد الكربون (CO₂) والتي يمكن تقديرها كميًا بواسطة جهاز تحليل بالأشعة تحت الحمراء.

يتم حقن العينة في غرفة ساخنة وفي وجود محفز فيتبخر الماء وتتحول المركبات العضوية الى ثاني أكسيد الكربون والماء. يتم تعيين كمية ثاني أكسيد الكربون المتكونة من المركبات العضوية وغير العضوية. كمية الكربون غير العضوي يتم تعيينها عن طريق حقن العينة في غرفة تحتوي على حمض الفوسفوريك حيث يتحول كل الكربون غير العضوي الى ثاني أكسيد الكربون مع عدم اكسدة الكربون غير العضوي. اما كمية الكربون العضوي فيتم حسابها بمعرفة كلا من كمية الكربون الكلي والكربون غير العضوي.

من الممكن تعيين تركيز حتى ١ جزء في المليون (١ مجم / لتر) من الكربون مع الأخذ في الاعتبار عدم التعرض أو استخدام مواد عضوية مثل الأنابيب المطاطية والوانى البلاستيكية حيث انها تتداخل مع العينة.

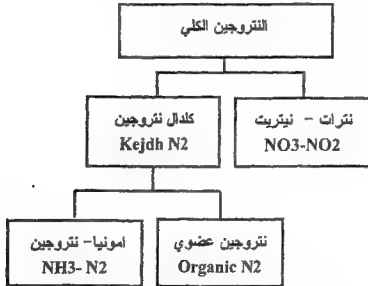
النتروجين الكلي Total Nitrogen

للنتروجين اهمية كبري كحجر أساس في سلملة المواد العضوية النتروجينية كالبروتين (البروتين مكون رئيسي للخلايا والانسجة) ،فان بيانات النتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية .

فعدم وجود النتروجين بشكل كاف يثبط معظم عمليات المعالجة البيولوجية فإلذلك عند نقصه يضاف لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة . ولكي يتم التحكم في نمو الطحالب في المياه المستقبلية للمياه المعالجة فإن اختزال النتروجين او ازالته من مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة

ويشمل النتروجين الكلي والمستخدم كمؤشر شائع علي العديد من المركبات مثل الأمونيا وإيون الأمونيوم والنترات والنيتريت واليوريا والنتروجين العضوي (الأحماضالامينيةوالامينات) .

والمخطط التالي يبين تقسيم النتروجين الموجود في مياه الصرف.



شكل ٧-٤ مخطط تقسيم النتروجين الموجود في مياه الصرف.

الأمونيا في مياه الصرف

تحدد الأمونيا في مياه الصرف عمليات ازالة النتروجين وعمليات النترة، ومن ثم فقياس الأمونيا هو دليل هام لعمليات التحول النتروجينية داخل وحدات المعالجة . وتتراوح قيمة امونيا نتروجين في مياه المجاري بين ١٠ - ٤٠ مجم /لتر. ويمكن ان تزيد المعالجة الابتدائية من قيمة الأمونيا نتيجة تحلل بعض مركبات البروتين أثناء المعالجة . في المعالجة الثانوية يمكن ان تتأكد الأمونيا الي نيتريت ثم الي نترات بدرجات مختلفة اعتمادا علي بعض العوامل مثل درجة الحرارة وزمن المكث ، والاحياء الدقيقة وكمية الاكسجين وتسبب الأمونيا بعض المشاكل مثل زيادة كمية الكلور المطلوبة لتطهير المياه للمعالجة قبل صرفها علي المسطحات المائية كما تزيد الطلب علي الاكسجين في المياه المستقبلية للمخلفات ، وايضا زيادة الأمونيا في المياه المعالجة تكون ذات سمية للأسماك.

تعد طريق الهضم Digestion من اشهر الطرق القياسية لتحديد الأمونيا في مياه الصرف ، وتتلخص هذه الطريقة بعمل هضم للعينات لتحرير الأمونيا ثم تقديرها بالمعايرة مع حمض الكبريتيك .

النيتريت Nitrite NO₂

هو مركب وسيط intermediate من عملية أكسدة الأمونيا الي نترات ، والنيتريت غير ثابت يستخدم للدلالة علي تقدم عملية الاكسدة والتحويل الي نترات في عمليات معالجة مياه الصرف الصحي .

المياه المعالجة تحتاج الي جرعة كلور مقدارها ٥ مجم / لتر لكل مجم لتسر من النيتريت .

النترات Nitrate NO₃

غالبا لا توجد النترات في مياه المجاري الخام أو المياه المعالجة ابتدائيا ولكن في عمليات المعالجة البيولوجية يتم اكسدة الأمونيا بمساعدة البكتريا الي نيتريت ثم الي

نترات ، والمياه المعالجة النهائية يمكن ان تحتوي علي ما بين صفر الي ٣٠ مجم /لتر نترات حسب كمية النتروجين الموجودة أصلا في المياه الخام.
المدى العادي من مركبات النتروجين في عينات ماء الصرف الصحي

جدول ٧-٧

مدى مركبات النتروجين في عينات مياه الصرف الصحي

العينه	شكل النتروجين	المدى العادي مجم /لتر
مياه الصرف المعالجة	امونيا	٢٠-٥
	كلدال نتروجين	٣٠-٥
	نترات	صفر - ٣٠
	نيتريت	صفر - ١

إذا كانت محطة المعالجة تعمل بكفاءة فان تركيز الامونيا يجب ان يقل من المدخل الي المخرج بينما يزيد تركيز النترات من المدخل الي المخرج بحيث تكون مياه المخرج تحتوي علي تركيزات عالية بالنسبة للنترات .

القلوية الكلية Total Alkalinity

تنتج القلوية من وجود عناصر الكربونات والبيكربونات و الهيدروكسيدات لبعض العناصر مثل أملاح كربونات وبيكربونات الكالسيوم والماغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، وتعتبر أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم هما أكثر الأملاح المسببة للقلوية.

ويمكن اعتبار البورات والسليكات والفوسفات بالإضافة الي مركبات مشابهة مكونة لجزء من القلوية .

يؤثر كل من القلوية وتركيز أيون الهيدروجين في مياه المجاري علي كفاءة المعالجة البيولوجية ، ومن أكثر أنواع البكتريا حساسية لاية تغيرات في قيمة الاس

الهيدروجيني او في قيمة القلوية للمياه بكتريا (النيترة)، وتعمل المواد المسببة لقلوية المياه (الكربونات والبيكربونات) كعامل ائزان مهم لمعادلة أية تغيرات لتركيز ايون الهيدروجين في المياه .

وعمليات المعالجة بطريقة الحماة المنشطة تستم غالبا في مدى لقيمة الاس الهيدروجيني بين ٦,٥ الي ٧,٥ ويختلف تاثير الأنواع البكتيرية المختلفة للتغير في قيمة الاس الهيدروجيني الا ان أكثرها حساسية هي بكتريا التآزت (النيترة).

وللمواد المسببة للقلوية دور هام في عمليات تثبيت النتروجين فخلال عملية تحول الأمونيا الي نترات فإنه يتم استهلاك كمية كبيرة من القلويات (المركبات المسؤولة علي القلوية) ، فيستهلك ٨,٦٥ مليجرام من البيكربونات لأكسدة مليجرام من الأمونيا الي نترات ، فبكتريا التآزت تعتمد علي الكربونات والبيكربونات كمصدر من مصادر الكربون التي تحتاجها في نموها ونشاطها .

ولهذا تقاس القلوية الكلية خلال مراحل المعالجة المختلفة بداية من مياه المدخل ونهية الي مياه المخرج حيث ان معدل تناقص المواد المسببة للقلوية (الكربونات والبيكربونات) خلال مراحل المعالجة يدل علي سير نظام المعالجة في طريق حدوث التآزت النيترة (تحويل الأمونيا الي نترات) اي حدوث أكسدة للمواد العضوية النتروجينية بالإضافة الي أكسدة المواد النتروجينية .

الكلوريدات

الكلوريدات تعد من اهم الايونات غير العضوية الموجودة في الماء والمخلفات السائلة ، وتزيد نسبة الكلوريدات في المخلفات السائلة عنها في المياه حيث ان كلوريد الصوديوم وهو ملح الطعام يعتبر من اهم اضافات الطعام وهو مكون اساسي من مكونات البول والذي يجد طريقا الي مياه الصرف الصحي .
هناك ثلاث طرق لتعيين الكلوريدات وهي نترات الفضة - نترات الزئبق وطريقة سيانيد الحديدك الاتوماتيكية.

الفسفور

يعتبر الفسفور ضروري لنمو الطحالب وكثير من الكائنات الحية الدقيقة ، ويكون الفسفور العضوي احد اهم المكونات لمياه الصرف الصحي والحماة ، والفسفور كاحد المغذيات الهامة اللازمة لنمو وتكاثر البكتريا لذلك فهو عنصر هام للمعالجة البيولوجية ويؤدي نقصه في مياه الصرف الصحي وخاصة نسبته الي النتروجين والي الأكسجين الحيوي المستهلك الي حدوث مشاكل في عمليات تشغيل العمليات البيولوجية وخاصة الحماة المنشطة .

(نسبة النتروجين والفسفور الي الأكسجين الحيوي للمستهلك لابد ان تكون ٥ نتروجين : ١ فسفور لكل ١٠٠ اكسجين حيوي مستهلك (BOD : N : P 100 : 5 : 1)

ويوجد الفسفور في مياه الصرف الصحي غالبا علي هيئة ثلاث صور وهي:

١.علي هيئة اورثوفوسفات.

٢.علي هيئة عديد للفوسفات.

٣.علي هيئة الفسفور المتحد بجزيئات عضوية.

ويمثل عديد الفوسفات والفسفور العضوي حوالي ٧٠% من كمية الفسفور الموجودة في مياه المجاري الخام ، وتستهلك الكائنات الحية الدقيقة الفسفور خلال بناء الخلايا الجديدة ونقل الطاقة ونتيجة لذلك فان ١٠ الي ٣٠% من الفسفور الداخول لوحدات المعالجة مع مياه المدخل تزال خلال عمليات المعالجة الثانوية البيولوجية .

وهناك أستهلاك اخر للفسفور من خلال اصلاح وصيانة واعادة بناء الخلايا الحية حيث تحتاج الخلايا للفسفور بشدة .وهذا كله يؤدي في النهاية الي انخفاض كمية الفسفور الخارجة مع مياه المخرج (المياه المعالجة الناتجة) .وقد يتحرر الفسفور

من الخلايا في ظروف غياب الأكسجين ومن ثم فإن إزالة الفسفور بيولوجيا تستمر في خطوات بيولوجية متتابعة في ظروف بيئية مختلفة تبعاً لكل مرحلة .

الكبريتات

يتراوح تركيز الكبريتات في مياه الصرف الصحي ما بين ١٠ - ١٠٠٠ مجم /لتر ، وتعيين الكبريتات في مياه الصرف هام حيق أن وجود الكبريتات ممكن أن يسبب مشكل كثيرة بطريقة غير مباشرة مثل اختزال الكبريتات الي كبريتيد الهيدروجين بواسطة البكتريا وهذا الغاز سام .

الزيوت والشحوم

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتاً حيث أنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا (تحللها يحتاج الي إنزيمات خاصة) . والزيوت تكون في صورة سائلة إلا أنها تطفو فوق سطح الماء نظراً لكثافتها لما الشحوم والدهون فتوجد علي هيئة صلبة طافية أيضاً فوق سطح مياه الصرف ، ويصل الكيروسين وزيوت التشحيم إلى الصرف عن طريق الورش والجراجات حيث يطفو على سطح مياه الصرف ويتبقى جزء ضئيل منه في صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمأة. هذا وتسبب الزيوت المعدنية مشاكل في الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح

يجب إزالة الزيوت والشحوم قبل إجراء المعالجة البيولوجية نظراً لأن وجودها في أحواض التهوية قد يعوق عملية تبادل الأكسجين بين الماء والهواء وقد يحدث انسداد في مواسير توزيع المياه وتوزيع الهواء .

تقدير الزيوت والدهون في محطات معالجة الصرف الصحي يساعد في تحديد كفاءة المحطة في إزالة المواد الزيتية والدهنية بالإضافة الي تحديد المتاعب والمشاكل التي يمكن أن تحدث في وحدات تخمير الحمأة أو تجفيفها .

المدى العادي للزيوت والدهون

المدى العادي لقيمة للزيوت والدهون الكلية في مياه المجاري الخام تتراوح بين ٥ - ٥٠ مجم /لتر.

الكلور المتبقي في مياه الصرف

الكلور في عمليات معالجة مياه الصرف الصحي له استخدامات عديدة مثل التطهير - تقليل الاكسجين الحيوي المستهلك - معالجة الروائح - تحسين عمليات ازالة الزيوت والشحوم - معالجة ظاهرة تضخم الحمأة - معالجة ظهور الرغاي - ومساعد في عمليات الترويب . ولكن أهم استخدام هو التطهير .

كمية الكلور المتبقي في المياه المعالجة بعد احواض التلامس تعتمد علي عدد بكتريا الكليفورم المسموح بها في المياه الخارجة . ولكن يجب ازالة الكلور المتبقي الزائد (إذا كان اكبر من ٠,٥ مجم / لتر) قبل لقاء المياه في البحار والمحيطات والانهار للحفاظ علي الكائنات المائية والاحياء البحرية وخاصة الاسماك .

ويتحد الكلور سريعا في مياه الصرف الصحي بالامونيا مكونا الكلورامين ويسمي الكلور المتبقي المتحد .

طريقة قياس الكلور المتبقي

تستخدم طريقة اليود لتقدير الكلور المتبقي في عينات الصرف الصحي وتستخدم طريقة DPD لمياه المجاري التي لا تحتوي علي مواد مختزلة لليود .

تحليل النتائج المعملية

من المهم تحليل النتائج المعملية وترجمتها الي معلومات تفيد في عمليات معالجة وتشغيل المحطة ، فتهدف عمليات المعالجة أساسا في التخلص من المواد العضوية وخاصة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا والتي تعرف ب BOD . وفي حالات اخري قد يراد التخلص من المواد العضوية النتروجينية .

ومن ثم النتائج العملية سوف نعطينا الدليل علي ان عمليات التخلص من المواد العضوية قد تمت بنجاح وبالدرجة المطلوبة أم لا ويتضح ذلك من المحددات التالية الموجودة في الجدول التالي :

جدول ٧-٨

النتائج العملية وعلاقتها بمحددات عمليات المعالجة والتشغيل

مياه المدخل		
قيمة COD اكبر من أو تساوي قيمة BOD5	مفهوم عام	لان BOD5 هي جزء من COD
قيمة SS اكبر من VSS	مفهوم عام	لان VSS هي جزء من SS
قيمة TKN اكبر من N-NH4	مفهوم عام	لان N-NH4 هي جزء من TKN
نسبة VSS الي SS	في مياه الصرف المنزلية من ٠,٦٥ الي ٠,٨	الكل من ٠,٦٥ في حالة تنفق لماء المطر مع ماء المدخل يدل علي كفاءة الترسيب الابتدائي
نسبة SS الي BOD5	٠,٨ الي ١,٤	تعتمد علي مكونات مياه المدخل الخام والاختلاف عن هذه النسبة قيد يكون بزيادة او نقصان ٠,٢
نسبة COD الي BOD5	في مياه الصرف المنزلية من ٢,٠ الي ٢,٥	لو كانت اكبر من ٢,٥ يدل ذلك علي ورود صرف صناعي
نسبة BOD5 الي TKN	في مياه الصرف المنزلية من ٤ الي ٥	تعتمد علي العادات الغذائية للشعوب

نسبة إزالة المواد العالقة في حوض الترسيب الابتدائي $SS_{in} - SS_{pst}/SS_{in}$	٠.٥ الى ٠.٦	تحدد كفاءة حوض الترسيب الابتدائي في إزالة المواد العالقة
نسبة إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا في حوض الترسيب الابتدائي $BOD_{in} - BOD_{pst}/BOD_{in}$	٠.٢٥ الى ٠.٣	تحدد كفاءة حوض الترسيب الابتدائي في إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا
$BOD_{in} - BOD_{pst} /$ $SS_{in} - SS_{pst}$	± ٠.٣٥	± ٠.٥ مجم من BOD_5 لكل مجم من VSS

المياه المعالجة (مياه المخرج)	
إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا هي جزء من إزالة المواد العضوية القابلة للاكسدة الكيميائية (التي تشمل المواد القابلة للتحلل بيولوجيا ايضا).	$BOD_{in} - BOD_{out} \geq COD_{in} - COD_{out}$
المواد القابلة للتحلل بيولوجيا BOD قابلة للتحلل أكثر من المواد العضوية القابلة للاكسدة الكيميائية COD	كفاءة إزالة المواد القابلة للتحلل بيولوجيا أكبر من كفاءة إزالة المواد العضوية القابلة للاكسدة الكيميائية
$BOD_{out} = \text{soluble } BOD_5 + \text{particular } BOD_5$ $\text{Particular } BOD_5 = \pm 0.4 \text{ mg/l by}$ mg/l of SS	$BOD_{out} > 0.4 \times SS_{out}$

ثالثا الاختبارات البكتريولوجية Bacteriological Tests

الاختبارات التالية تشمل اهم الاختبارات البكتريولوجية التي تجري علي مياه الصرف :

- بكتريا القولون الكلية Total Coliform
- بكتريا القولون البرازية Fecal Coliform
- الفحص الميكروسكوبي Microscopic Examination

مجموعة بكتريا القولون (الكوليفورم)

يقدر العدد الاحتمالي لبكتريا الكوليفورم للدلالة علي وجود البكتريا التث تخرج من امعاء الحيوانات ذات الدم الحار ، وزيادة اعداد بكتريا لكوليفورم تكل علي تلوث المياه ، وعادة يشير وجود بكتريا الكوليفورم الي احتمال وجود بكتريا ممرضة في هذه المياه

تشمل مجموعة بكتريا الكوليفورم جميع البكتريا الهوائية واللاهوائية سالبة الجرام والتي لا تكون حويصلات والعضوية التي تخمر اللاكتوز خلال ٤٨ ساعة عند درجة ٣٥ مئوية .

بكتريا القولون الكلية Total Coliform

يجري هذا الاختبار علي مياه الصرف المعالجة (مياه المخرج) بعد تطهيرها بالكلور وذلك للتأكد من قدرة الكلورة علي القضاء علي أكبر نسبة ممكنة من الكائنات الممرضة بمياه المخرج بعد معالجتها خلال مراحل المعالجة المختلفة.

الفحص الميكروسكوبي Microscopic Examination

غالبا يتم اجراء هذا الفحص لعينات من السائل المخلوط الموجود في احواض التهوية او المفاعلات البيولوجية والغرض الاساسي من هذا الفحص معرفة خواص الحمأة المنشطة وأنواع الكائنات الدقيقة الموجودة ومدى سيادة وانتشار نوع

عن اخر ، ولهذا يعد الفحص الميكروسكوبي للحمأة المنشطة من الطرق الهامة للحكم علي كفاءة المعالجة البيولوجية .

ويهتم الفحص الميكروسكوبي بنقطتين أساسيتين :-

١- صفات وخواص الندف المتكونة.

٢- فحص البيئة البيولوجية داخل الماء .

٧-٥. النتائج العملية وكفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية

احواض ازالة الرمال

تعد عملية حجز الرمال والحصى عملية هامة تمهيدية اولية في عمليات معالجة المخلفات ولا بد من حذف هذه المواد مهما كانت طبيعة شبكة الصرف الصحي بالمدينة: موحدة (أي لجمع مياه الصرف ومياه الأمطار) أم منفصلة عن شبكة مياه الأمطار. وقد يبلغ تركيز الرمال ٢٠٠ مجم / اللتر في الشبكة المنفصلة وربما ٥٠٠مجم/التر أو أكثر في الشبكة الموحدة. ويتم حذف الرمال باستغلال فارق الكثافة بين المواد المعدنية (ك = ٢,٦٥ = density) وبين المواد العضوية (ك = ١,٢) التي لا بد أن تبقى عائمة أو عالقة عند مرورها بهذه المرحلة وهذا وجه الاختلاف مع أحواض الترسيب.

نقاس كفاءة أحواض حجز الرمال بقدرتها علي إزالة الرمال من مياه الصرف الداخلة اليها فلتحديد هذه الكفاءة نقاس نسبة أو تركيز الرمال لعينات من المياه الداخلة لوحدة حجز الرمال ونقاس لعينات من المياه الخارجة منها . كما يتم ايضا تحديد كمية وحجم وقطر الجسيمات في المياه وخاصة حبيبات الرمال باستخدام مناخل خاصة.

أحواض حجز للزيوت والدهون

غالبا ما تحتوي المخلفات السائلة علي كميات من الزيوت والدهون وذلك لصرف كثير من المطاعم والفنادق مخلفاتها علي الشبكة العامة للصرف الصحي اذا تحتوي

المجاري متوسطة التركيز نسبة لا تقل عن ١٠٠ مجم لكل لتر من الزيوت والدهون الكلية في المياه ، ويفضل في حالة تواجد كميات كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة (أكثر من ٥٠ مجم / لتر) أن تفصل هذه المواد عن المخلفات قبل دخولها أحواض الترسيب الابتدائي.

وتتم إزالة الزيوت في أحواض خاصة تتراوح مدة المكث فيها من عشرة إلى عشرون دقيقة ، وقد تزود هذه الأحواض بهواء مضغوط مما يساعد على تجميع حبيبات الزيت مع بعضها وطفوها على سطح الحوض .

ويزود مخرج الحوض بحائط لمنع خروج الزيوت الطافية مع بقية المخلفات السائلة ، ويتم كشط هذه الزيوت كلما تجمعت ويتم التخلص منها إما بدفنها في خنادق في الأرض أو بحرقها مع المواد التي حجزت من المصافي .

تقاس كفاءة أحواض حجز الزيوت والدهون بقدرتها على حجز الزيوت والدهون من المياه

فلتحديد هذه الكفاءة تقاس نسبة أو تركيز الدهون والزيوت الكلية في المياه الداخلة لهذه الأحواض وهي غالبا مياه المدخل (المياه الخام) ثم قياس تركيز الدهون والزيوت الكلية في المياه الخارجة من الأحواض.

أحواض الترسيب الابتدائي

تقاس كفاءة أحواض الترسيب بقدرتها على إزالة المواد العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ، فلتحديد هذه الكفاءة تقاس نسبة أو تركيز المواد العالقة والBOD لعينات مياه الداخلة لحوض الترسيب وتقاس أيضا للعينات الخارجة منه وبمقارنة النتيجةتين يمكننا حسب نسبة إزالة المواد العالقة وإزالة BOD وبالتالي تحديد كفاءة حوض الترسيب وهذا يتضح من خلال المعادلة الآتية:-

كفاءة عملية الترسيب =

[المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب - المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب]

[المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب]

Sedimentation Efficiency =

Inlet S.S of sedimentation Tank - Outlet S.S of sedimentation Tank

Inlet S.S of sedimentation Tank

أحواض التهوية

تقوم أحواض التهوية بالتخلص من من ٧٠ الي ٨٠ % من الملوثات. ولتحديد كفاءة الأحواض في ازالة الملوثات يتم حساب حمل الملوثات الداخل لحوض التهوية وحساب حمل الملوثات للمياه الخارجة منه ويشمل هذا الحمل :

١- الأكسجين الحيوي المستهلك (الذي يتضمن التلوث العضوي القادم مع المياه المتدفقة لحوض التهوية من احواض الترسيب الابتدائي بالإضافة الي المياه العائدة لحوض التهوية من وحدات المعالجة الاخرى) .

٢- المواد العالقة (الذي يتضمن التلوث القادم [المواد العالقة]مع المياه المتدفقة لحوض التهوية من احواض الترسيب الابتدائي بالإضافة الي المياه العائدة لحوض التهوية من وحدات المعالجة الاخرى) .

أحواض تكثيف الحمأة (المكثفات)

تقوم المكثفات بتكثيف وتغليظ الحمأة (الرواسب الصلبة) الداخلة اليها من أحواض الترسيب الابتدائي أو النهائي اي الحمأة الابتدائية او النهائية. ونقاس كفاءة المكثفات لقدرتها علي تكثيف وتغليظ الحمأة الداخلة اليها . ولتحديد كفاءة الأحواض فسي التكثيف نقاس تركيز الحمأة الداخلة وتركيز الحمأة المتكثفة ومن خلال المعادلة التالية يمكننا تحديد كفاءة التكثيف للأحواض .

كفاءة التكتيف، % =

[تركيز الحمأة المتكتفة - تركيز الحمأة الدلطة / تركيز الحمأة المتكتفة] × ١٠٠

كفاءة محطة المعالجة

تحدد كفاءة مشروع او محطة المعالجة طبقا للغرض الذي انشئت المحطة من اجله ، فاذا كانت المحطة مثلا صممت لازالة المواد العالقة فقط فسوف تتحدد كفاءتها بقدرتها علي ازالة المواد العالقة واذا كانت المحطة صممت لازالة المواد العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا فسوف تقاس كفاءتها طبقا لهذه الغرض الذي صممت وأُنشئت من اجله .

وتقاس الكفاءة بتحديد نسب وتركيز المواد المراد ازلتها والتخلص منها في كل من مياه المنخل (مياه الصرف الخام) ومياه المخرج (مياه الصرف المعالجة) والفرق بين التراكيز يحدد كفاءة الازالة والتخلص والذي هو معيار كفاءة مشروع المعالجة. والمعادلات الاتية تبين كفاءة مشروع المعالجة ككل:-

كفاءة المشروع في ازالة المواد العضوية =

[تركيز الاكسجين الكيميائي المستهلك في مياه المنخل - تركيز الاكسجين الكيميائي في مياه المخرج]

[تركيز الاكسجين الكيميائي المستهلك في مياه المنخل]

كفاءة المشروع في ازالة المواد العالقة % =

[تركيز المواد العالقة في مياه المنخل - تركيز المواد العالقة في مياه المخرج]

١٠٠ ×

[تركيز المواد العالقة في مياه المنخل]

وغالبا تتحدد كفاءة المشروع المطلوبة في وحدات المعالجة بالحمأة المنشطة المصحوبة بوحدات ترسيب ابتدائي ونهائي ب ٩٧ % لازالة المواد العالقة و ٩٥ % لازالة الاكسجين الحيوي المستهلك و من ٩٠ الي ٩٢ % لازالة الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٦-٧. ضبط الجودة داخل معامل مياه الصرف

يعتبر الحصول على نتائج دقيقة موثوق فيها هدف اسمي يسعى الي تحقيقه كل العاملين والمهتمين بمجال الاختبارات المعملية ، سواء كانت فيزيائية او كيميائية او بيولوجية .

فالمعامل القائمة في المؤسسات العلمية والصناعية والبيئية مثل معامل المياه والصرف ذات اهمية كبرى ، فهذه المعامل تعمل علي مراقبة وتوكيد جودة المنتج الا وهو المياه المنتجة او مياه الصرف المعالجة بحيث تتوافق هذه المياه مع المواصفات القياسية الموضوعه ، مما يهدف الي تطوير تقنيات معالجة المياه وضمان جودتها وسلامتها .

فكل للتطبيقات العلمية الحديثة قد افرزتها مؤسسات تمتلك معامل اختبارات تطبق لحدث نظم الجودة في الادارة ومنها ضبط و توكيد الجودة للحصول علي أدق النتائج .
فهناك خطأ شائع لدى العاملين في المعامل وخارجها وهو أن عدم الحصول على نتائج موثوقة،يتعلق بعملية التحليل نفسها، وهذا في الواقع غير صحيح .فعند التطبيق الكامل لانظمة ضبط وتوكيد الجودة داخل المعامل من اهم الأسباب التي تؤدي للحصول علي نتائج غير دقيقة.

يهدف نظام الجودة بالمعمل الي تقليل نسبة الخطأ في نتائج الاختبارات المعملية ، وهذا النظام هو جزء من نظام توكيد وضمان الجودة (Quality Assurance System) الذي يعمل علي تطوير الانظمة الادارية في الجودة و العمليات التنفيذية والفنية داخل المعامل للتأكد من كفاءتها ودقة النتائج المعملية .

تتص مواصفة الطرق القياسية لاختبار المياه ومياه الصرف

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

Ed 20 علي ضرورة تطبيق انظمة ضبط وتوكيد الجودة لمعامل المياه و الصرف

وذلك من أجل الحصول علي نتائج موثوق فيها يتم تحليلها لعمل المراقبة والسيطرة
لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي.

ومن هنا ننبين أهمية النتائج المعملية داخل معامل مياه الصرف .

ومن ثم فلا بد ان يتوافر نظام لضبط الجودة بالمعمل يعتمد علي الأنشطة والتقنيات
التحليلية اي عمليات التحليل نفسها وهو يعني بدقة النتائج ومصداقيتها ، ثم نظام
توكيد الجودة وهو خاص بتوكيد جودة جمع العينات وجودة الاختبارات والمعايرة
من خلال تقييم ودراسة النتائج و تحليلها احصائيا ومقارنتها بنتائج اخري قياسية
معتمدة .

ويمكننا تعريف ضبط الجودة داخل المعمل بانه الأنشطة والتقنيات التي تستخدم
لتحقيق متطلبات مواصفة قياسية معينة وبالنسبة لمعامل المياه والصرف تعد
مواصفة الطرق القياسية لاختبار المياه ومياه الصرف هي المواصفة المعتمدة لهذه
المعامل طبقا لتوصيات الوكالة الامريكية لحماية البيئة وطبقا لهذه المواصفة فان
عمليات ضبط الجودة تشمل الاجراءات التالية :

١ اجراء تجارب بلانك Blank

٢ قياس متكرر (Duplicate)

٣ تحليل عينات مضاف اليها تركيزات معلومة spike

٤ اصدار رسوم الضبط للبيانات بنوعية التحاليل

٥ استخدام عينات مرجعية

ويهدف نظام توكيد الجودة بالمعمل للاهداف التالية:

أ- التأكد من ان البيانات الناتجة من المعمل دقيقة ويمكن الاعتماد والوثوق فيها.

ب- التأكد من ان العينات المأخوذة ممثلة لمجتمع البحث او الدراسة.

ت- التأكد من ان جميع العمليات المعملية معتمدة حسب المواصفات القياسية
الموضوعة.

ث- التأكد من ان جميع المعدات والاجهزة قد تم معايرها وضبطها طبقا للمواصفات القياسية الموضوعه.

ج- التأكد من ان الاجراءات التصحيحية الجيدة فعالة وتطبق عند الحاجة اليها .
تسعى المعامل التحليلية في العالم دائما إلى إعطاء نتائج تحليلية صحيحة ودقيقة وإلى إثبات مستوى الدقة والصحة التي تتميز بها نتائجها ، ويتحقق ذلك من خلال تطبيق نظم ضمان الجودة وإدخال آليات ضبط الجودة في متن العمليات التحليلية اليومية بشكل منهجي ومنظم.

وكما هو معلوم من خلال معايير جودة القياسات والتحليل أن تكون دقيقة وصحيحة وقابلة للمقارنة ،ولهذا فإن برامج ضبط وتوكيد الجودة تعد أداة لتقييم صحة النتائج التحليلية وقابلية مقارنتها.

ومن ثم فإن تطبيق نظم ضبط وتوكيد الجودة من اهم الطرق للحصول علي نتائج موثوق فيها وذات درجة عالية من المصداقية.

ومعامل مياه الصرف يجري فيها العديد من الاختبارات الكيميائية والفيزيائية التي تحدد درجة معالجة مياه الصرف الملوثة خلال وحدات المعالجة التمهيدية والأبتدائية والثانوية ، وهذه الاختبارات هي من محددات التشغيل الجيد لهذه المحطات ، وتتم هذه الاختبارات بصورة روتينية يومية مما يستلزم التأكد من جودة هذه الاختبارات ودقتها. ويتم ذلك من خلال نظام دقيق لضبط وتوكيد الجودة يشمل الافراد والاجهزة وتقنيات وطرق الاختبارات نفسها.

المؤشرات المؤثرة علي مدي الثقة في نظام المراقبة والتحكم لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي.

إن الهدف الغام لنظام المراقبة والتحكم لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي هو إنتاج بيانات تكون ممثلة، يمكن تكرارها، ويعتمد عليها ومتوافقة ويمكن استخدامها في المقارنة. وهذه البيانات تستخدم اساسا في التشغيل الجيد

للمحطات وتحقيق أقصى كفاءة ممكنة لوحدة المحطة وأقصى معدل للإداء الكفء في التشغيل، وتعتمد هذه البيانات على الإجراءات التي يتم تطبيقها من أجل التحكم في الجودة وتوكيدها خلال سلسلة إنتاج البيانات، أي خلال تحديد الحجم، أخذ العينات، المعالجة الأولية للعينات، ومعالجة العينات وتحليلها، ثم معالجة البيانات وكتابة التقارير.

وهناك مؤشرات تؤكد الثقة في عمليات مراقبة لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي وهذه المؤشرات تتعلق بنظامي التحكم في الجودة وتوكيد الجودة الذين يختصان بالعمليات الآتية:

١- المعايير والصيانة والقياسات والتوثيق .

٢- إنتاج البيانات من السجلات والقياسات بالإضافة إلى بيانات الخاصة بالاختبارات المعملية .

وبعد القيام بعمليات توكيد وضبط الجودة لابد من وجود مؤشرات للثقة في هذه العمليات وهذه المؤشرات تتعلق بمبدأ عدم التأكد أو عدم اليقين في النتائج أو البيانات

وتنحصر عمليات عدم التأكد في النقاط الثلاثة الآتية :

أ- مدي الثقة .

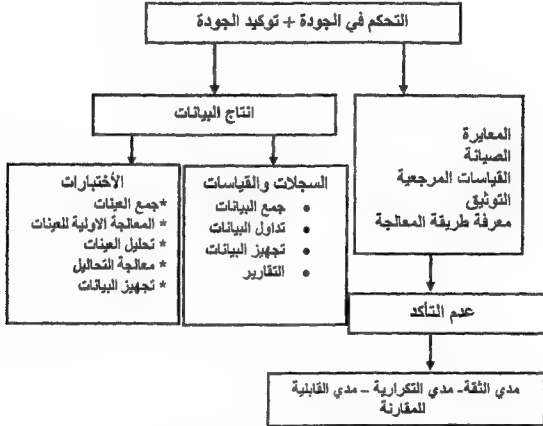
ب- مدي التكرارية.

ج- مدي القابلية للمقارنة.

ويجب أن تؤخذ هذه العوامل في الاعتبار عند أخذ العينات ومعالجتها وتحليلها وكذلك عند معالجة البيانات وإيلاغها. ويجب وضع متطلبات سلسلة إنتاج البيانات بأكملها في برنامج المراقبة والتحكم. وبالإضافة إلى ذلك فإن تطبيق الإجراءات

الملائمة للتحكم في الجودة وتوكيدها هام جدا للحصول على أقصى درجة من الثقة والتكرارية وإمكانية المقارنة.

والشكل التالي يبين مؤشرات الثقة في مراقبة والتحكم لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي.



شكل ٧-٥ مخطط المؤشرات المؤثرة علي مدي الثقة في نظام المراقبة والتحكم لعمليات المعالجة

٧-٧. أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف تشوب عمليات معالجة مياه الصرف اضطرابات مستمرة وتغيرات لا يمكن كشفها بالدقة والسرعة اللازمين لتأمين تشغيل سليم للمنشأة باستخدام القياسات اليدوية . ومن أبرز الاضطرابات تلك المتعلقة بمياه الصرف الداخلة إلى المصنع، ومنها تغير معدل

التدفق وتغير التركيب البيولوجي والكيميائي والحرارة والكثافة . وتتيح أجهزة التحكم الآلية مراقبة مستمرة لمتغيرات العملية ، ونقلًا سريع للمعلومات إلى المشغل أو المدير، وتنفيذًا آليًا لتدابير تصحيحية حسب الحاجة . ويشهد استخدام أجهزة التحكم تزايدًا مستمرًا إزاء تعدد فوائدها في تحسين أداء العمليات والأجهزة، وتسهيل العمل على المستخدمين.

أولا نظام التحكم التمنوجي

يتكون نظام التحكم التمنوجي من الأجزاء التالية : جهاز القياس؛ وجهاز إرسال الإشارة؛ وشاشة لعرض البيانات؛ ونظام التحكم؛ والحاسوب؛ وغرفة التحكم المركزي.

١ - أجهزة القياس

تضم أجهزة القياس، المعروفة بأجهزة الاستشعار، أدوات ترصد وتقيس أو تحسب متغيرات العمليات. وتقع هذه المتغيرات في ثلاث فئات هي : المتغيرات الفيزيائية (كالتدفق والضغط والمستوى والحرارة)؛ والكيميائية (كالأس الهيدروجيني، وإمكان خفض الأكسدة، وال تعكر والتوصيل، والأكسجين المذاب، والكلور المتبقي)، والبيولوجية (كمعدل استهلاك الأكسجين، ومعدل خفض مجموع الكربون العضوي، ومعدل نمو الحماة). وتستطيع أجهزة الاستشعار قياس المتغيرات بطرق مباشرة أو غير مباشرة (استدلالية)، ومتصلة أو منفصلة، ومستمرة أو منقطعة.

٢ - أجهزة إرسال الإشارة

تتولى أجهزة إرسال الإشارة نقل متغير العملية من جهاز الاستشعار إلى شاشة عرض البيانات أو

نظام التحكم . ويكون الإرسال بطريقة ميكانيكية عبر حركة قلم أو مؤشر أو عوامة أو كابل، أو بطريقة هوائية عبر كاشف أو مضخم، أو بطريقة إلكترونية عبر تـونـر أو تيار كهربائي أو أمد النبض أو طنين.

وخلال الإرسال عبر توتر أو تيار كهربائي، تنتقل الإشارات بواسطة تيار مستمر بقوة مليامبير أو إشارات توتر؛ وخلال الإرسال عبر أمد النبض، تكون مدة إرسال التوتر متناسبة مع البيانات المقبوضة؛ وخلال الإرسال عبر طنين، تبتدئ خطوط الهاتف العادية.

ومؤخراً، بدأ تطوير واستخدام الإرسال اللاسلكي والإرسال عبر موجات دقيقة. وهذه الطريقة تناسب الحالات التي تتباعد فيها نقاط التجمع أو لا تتوفر فيها خطوط الهاتف. ويزداد الاهتمام بأنظمة التحكم الإلكترونية واللاسلكية وذات الموجات الدقيقة لأسباب عدة، فالإشارات الإلكترونية تستطيع العمل عبر مسافات بعيدة دون تأخر زمني، وتلائم الحاسوب وتستطيع معالجة عدة إشارات داخلية. ومع تقنيات السلامة الذاتية، أصبحت الأخطار الكهربائية معدومة والأجهزة الإلكترونية هي صغيرة الحجم عادة و أقل كلفة ولا تستلزم أية صيانة.

٣- شاشة عرض البيانات

تعرض هذه الأجهزة البيانات عن العمليات في نمط سهل للمشغل. ومن أكثر أجهزة العرض شيوعاً المؤشرات والمسجلات وحاسبات المجموع. وتظهر المعلومات عادة على لوح للعرض أو على شاشة حاسوب. وتوضع أجهزة العرض إما على مقربة من المعدات، أو في غرفة مركزية للعمليات حيث تخدم المنشأة بأسرها.

٤- أجهزة التحكم

تقسم أجهزة التحكم المستخدمة في مجال هندسة المياه العادمة إلى ثلاث فئات :

أ- تحكم رقمي

ب- تحكم نظيري

ج- تحكم آلي .

فأجهزة التحكم الرقمي تتخذ واحدة من حالتين (دائر/ مطلقاً أو مفتوح/ مغلق أو إنذار/طبيعي)، وتعطي الإشارة التي ترسلها م تيح التحويل مؤشراً عن تغير حالة

النظام؛ وأنظمة التحكم النظيري تثبت البيانات على شكل هامش من القيم وتستخدم لقياس معدل الدفق والتركيز والمستوى؛ وأجهزة التحكم الآلي تصنف باعتبارها أنظمة ذات عمل متقطع يربط حالة المعدلات بقيمة محدّدة أو برنامج أحداث، أو أنظمة ذات عمل مستمر يتطلب إدخال قياس نظيري ويؤدي إلى تشغيل عنصر تحكم نهائي . ويتكوّن عنصر التحكم من دارات تحكم للتغذية والتغذية الراجعة .

٥ - أنظمة النقاط البيانات

تتولى أنظمة النقاط البيانات تجميع وعرض البيانات المُرسلّة من الحاسّات بفعالية . وتعطي الأنظمة الحديثة من هذا النوع والمعروفة بأنظمة التحكم الرقابي والنقاط البيانات قياسات دقيقة، وتوثيقاً مجرداً لقياسات العملية، وتشغيلة فعالاً . وتنتج هذه الأجهزة النصّحيات اللازمة للعملية، ومنها المحاليل الكيميائية، وإمدادات الهواء، وبرامج تشغيل المضخات .

وتوضع أنظمة النقاط البيانات في غرفة تحكم مركزي إلى جانب أجهزة تشغيل عناصر التحكم النهائية، بحيث يتطلب تشغيل محطة كبيرة للمعالجة عدداً قليلاً من الموظفين .

٦ - الذكاء الاصطناعي

أدى ال تطور التكنولوجي في مجال الذكاء الاصطناعي إلى استخدام هذه التكنولوجيا في محطات معالجة مياه الصرف، ولا سيما الأنظمة الخبيرة وأنظمة التحكم المشوّشة والشبكات العصبية (انظر الجدول التالي).

جدول ٧-٩

أنظمة الذكاء الاصطناعي

نظام الذكاء الاصطناعي	وصف النظام
نظام خبير	<ul style="list-style-type: none"> ○ يتضمن نماذج رياضية تضم مبادئ ووقائع يستخدمها عمال التشغيل ذوي الخبرة لاتخاذ القرارات. ○ يتكون من واجهة تبادلية الفعل تتيح لعمال التشغيل الحصول على المعلومات اللازمة. ○ قد يعتبر بدائياً إزاء تعقيد عمليات المعالجة. ○ قد يختلف الخبراء على القواعد المقترحة.
نظام تحكم مشوش	<ul style="list-style-type: none"> ○ يتكون من نظام تفكير يتضمن نماذج نوعية وكمية للعمليات وخليطاً من تقنيات التحكم الأوتوماتيكي والأنظمة الخبيرة ○ = يستخدم أنظمة خبيرة للتحكم بعمليات المحطة ○ = يعز عن طرق الخبراء في التشغيل عبر قواعد من نوع (if-then) ○ يجمع البيانات ويتحكم بالعمليات بالتغذية الراجعة ○ يتيح تحكماً سهلاً بالعمليات ويخفف من حمولة العمل ○ واستخدام المواد الكيميائية واستهلاك الطاقة ويحسن أداء المحطة عموماً
الشبكات العصبية	<ul style="list-style-type: none"> ○ يعطي للحاسوب القدرة على التعلم ○ يزود بالبيانات الداخلة والنتائج المتوقعة ثم يتعلم عبر تعديل معادلات التعرف الداخلية ○ يصبح قادراً بعد تدريبه على حل المشاكل عبر مقارنة المداخل لحالة سابقة والبيانات التاريخية للمحطة ○ من سبلت هذا النظام إمكانية نقص التحذير إذا وصلت العملية إلى حالة لم تحصل سابقاً
المصدر: Instrumentation in wastewater treatment facilities. Manual of practice No. H. D. Gilman et al Environment Federation, 1993. 21. Virginia, Water	

الاتجاهات والاهتمامات الجديدة لأجهزة القياس

يؤدي استخدام معدات جديدة للقياس أكثر دقة في السنوات المقبلة إلى إلمام أفضل بخصائص مياه الصرف، فأجهزة القياس الحديثة تعطي قيمة بالميكروجرام وحتى النانوجرام في اللتر، بحيث يمكن اكتشاف الملوثات الموجودة في مياه الصرف

بكميات ضئيلة جداً. وذلك يتيح مراقبة مجموعة أكبر من المركبات، وبالتالي الامتثال لقوانين صارمة بشأن صرف مياه الصرف.

والتوصيف المتطور لمياه الصرف سيؤدي بالتالي إلى إلمام أفضل بملوك مكوناتها وعلاقتها بأداء عمليات المعالجة. فاستعمال تقنيات ميكروبيولوجية حديثة، مثلاً، يساعد في تحقيق أداء أمثل لعمليات المعالجة البيولوجية بحيث يُعزّز تصميم وتشغيل محطات المعالجة.

٧-٨. عمليات التفتيش البيئي على محطات الصرف

يهدف التفتيش على محطات معالجة الصرف الصحي إلى الكشف على كفاءة عمليات المعالجة والالتزام بحدود الملوثات السائلة والغازية والصلبة المسموح بها في القانون. وهذا بدوره يؤدي إلى خفض التأثيرات البيئية السلبية. وتؤدي فاعلية التفتيش إلى حماية البيئة وكذلك حماية الصحة العامة.

وفيما يلي أهداف التفتيش على محطات معالجة الصرف الصحي:

- التأكد من أن مؤشرات أداء المحطة يتم قياسها وتسجيلها وبيان فاعلية المعالجة.
- التأكد من أن المياه المعالجة تطابق القانون للصرف على المسطحات المائية التي تصب فيها إما بالقياس أو بالمعاينة.
- التأكد من تطابق المنشآت لمتطلبات قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ الخاص بالحدود المسموح بها لمؤشرات تلوث المياه والهواء مع إعداد سجل بيئي في كل محطة بشرط أن يكون السجل مستحدث.
- التأكد من تطبيق نظام الرصد الذاتي في محطات معالجة الصرف الصحي.

نقط وإماكن عمليات التفتيش

• مياه الصرف

- شبكة الصرف ونقطة الصرف النهائي (مبين فى الخرائط الخاصة بشبكة الصرف).
- كمية مياه الصرف المنصرفة (م^٣/يوم).
- نقاط مخارج الصرف.
- هل هناك صرف صناعي يصرف علي الصرف الصحي ام لا وهل الصرف الصحي مفصول عن الصرف الصناعي أم مجمع معه.
- نقاط استقبال الصرف (النيل - المصارف - البحر - إعادة الاستخدام).

• محطة المعالجة

- مكان المحطة والوحدات المحيطة بها.
- نوع وتوصيف عمليات المعالجة.
- وصف معدات محطة المعالجة ومؤشرات التصميم.
- أحمال مياه الصرف قبل وبعد المعالجة.
- طبيعة المياه قبل وبعد المعالجة.
- كفاءة التصميم والكفاءة الفعلية.

• تولد الحمأة

- مصادر تولد الحمأة.
- معالجة الحمأة.
- خواص الحمأة الناتجة.
- كمية الحمأة.
- طرق التخلص النهائي من الحمأة.

• **الانبعاثات الرائحة**

-مصادر الانبعاثات.

-نوع الرائحة.

• **الكيمائيات المستخدمة**

-نوع الكيمائيات المستخدمة.

-كمية الكيمائيات.

-أساليب التخزين.

• **خطة الطوارئ**

-وجود خط صرف بديل "By Pass"

-وجود عمال صيانة مدربين.

• **خطة الرصد**

-المؤشرات الواجب رصدها.

-جدول أخذ عينات.

-مواقع أخذ عينات.

-المعامل التي يتم بها التحاليل (خارج أو داخل محطة المعالجة).

-اسم المسئول.

-طرق التحاليل.

-التقارير الداخلية.

-صيانة ومعايرة أجهزة الرصد الذاتي.

ويمكن للمفتشين اكتشاف أي نتائج غير صحيحة للتحاليل الواردة من معامل المحطة

من خلال ملاحظة العلاقات بين المؤشرات المختلفة كالآتي:

• قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك يجب أن تكون أعلى من قيم الأكسجين

الحيوي المستهلك (أو مساوية لها في بعض الأحيان عندما تكون مياه

الصرف تحتوي بالكامل علي مواد قابلة للتحلل بيولوجيا بسهولة ويسرعة).

• القيم المرتفعة للزيوت والشحوم يصحبها ارتفاع قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك .

• قيم المواد الصلبة الكلية يجب أن يكون أعلى من قيم المواد الصلبة العالقة.

• قيم المواد الصلبة الكلية يجب أن يساوي قيم المواد الصلبة العالقة + قيم المواد الصلبة الذائبة.

• ويجب أيضا على المفتشين مراجعة العلاقة بين النتفخ الفعلي وكفاءة محطة المعالجة أثناء التفطيش من أجل مقارنة قيم التشغيل الفعلي مع معدلات التصميم (كلما قلت قدرة التشغيل كلما زادت كفاءة المحطة وكلما قل الحمل الهيدروليكي كلما زادت جودة المياه المعالجة).

• ويجب على المنشأة أن تقوم بتنفيذ نظام للرصد الذاتي لمحطة المعالجة ويتم تنفيذ الرصد وأخذ العينات وتحليلها وتكوين جميع التفاصيل مثل المؤشرات التي يتم رصدها ومواقع أخذ العينات ومعدلات سحب العينات وأنواع العينات والطرق التحليلية. ويوضح الجدول التالي بعض المسائل التنفيذية بالنسبة لأماليب المعالجة الرئيسية (الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية).

بعض الدلائل للتفتيش على طرق المعالجة الرئيسية

المعالجة الفيزيائية	المعالجة الكيميائية	المعالجة البيولوجية
<ul style="list-style-type: none"> - اتسداد / طفق - الروائح - الكريهة - خبث - الذباب - الضوضاء 	<ul style="list-style-type: none"> - أنواع للكيماويات المستخدمة - معدل استهلاك الكيماويات - كفاءة عملية فصل الحماة ودرجة العكارة في الصرف المعالج - قيمة الأس الهيدروجيني pH - اللون 	<ul style="list-style-type: none"> - الروائح الكريهة - اللون الأسود - استهلاك المغذيات - فقاقيع الهواء (كاختبار لمعدل نشاط الحماة البيولوجية) - الذباب - الخبث في المرشحات البيولوجية - الرغوى التي تدل على قدم الحماة

الانبعاثات المختلفة والمخلفات الناتجة عن تشغيل محطات معالجة الصرف

ينتج عن تشغيل محطات الصرف الكثير من الانبعاثات والمواد والمخلفات وهي ناتجة عن عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مثل إزالة الملوثات والفضلات من مياه الصرف والنشاط الميكروبي للكائنات الحية الدقيقة المحللة للمواد العضوية وغيرها .

١- الانبعاثات الغازية

ينتج عن تحلل ونكسير مياه الصرف والحماة إنطلاق كثير من الغازات الضارة والتي تختلف في طبيعتها من غاز لآخر فبعضها يسبب الاختناق والحساسية وبعضها يكون قابل للاشتعال والآخر قد يكون ذا سمية عالية . وهذه الغازات تشمل

الأمونيا NH_3 ، وثاني أكسيد الكربون CO_2 ، وأول أكسيد الكربون CO ، وكبريتيد الهيدروجين H_2S ، والميثان CH_4 . والجدول التالي يبين بعض أنواع الغازات الضارة المتولدة نتيجة الأنشطة الميكروبية لأنظمة معالجة مياه الصرف.

جدول ٧-١١

الغازات الناتجة من محطات الصرف

الغاز	أخف/ أثقل من الهواء	التأثير
الأمونيا	أخف	مسبب قوي لحساسية الجهاز التنفسي
ثاني أكسيد الكربون	أثقل	خافق يسبب
أول أكسيد الكربون	أثقل	خافق يسبب نقص الأكسجين المتدفق للدم
كبريتيد الهيدروجين	أثقل	مسبب شديد لحساسية القنوات التنفسية وخافق
الميثان	أخف	خافق وقابل للاشتعال
المصدر Wastewater Pathogens, by Michael H. Gerardi and Mel C. Zimmerman 2005 John Wiley & Sons, Inc.		

٢- المركبات العضوية المتطايرة VOCs

تمثل هذه المركبات أيضاً بعض الخطورة علي الصحة وتنتج هذه المركبات خلال التحلل اللاهوائي للبروتينات والنزروجينية والكبريتية الموجودة في مياه وحمأة الصرف .

٣- الروائح

وتتبعث أيضاً الروائح الكريهة الناتجة من هذه الغازات كنتيجة للحمل العضوي الزائد للصرف أو بسبب المشاكل والأعطال وسوء الصيانة للمرشحات الزلطفية أو المروقات الأولية والثانوية أو أحواض تخزين الحمأة.

٣- السموم البيولوجية

هناك كميات وأعداد هائلة من البكتيريا سلبية الجرام وموجبة الجرام موجودة في مياه الصرف والحمأة وفي صورة متطايرة في هواء مشاريع معالجة الصرف، والسموم المفترزة والمنتجة بواسطة هذه البكتيريا تعرف بالسموم الداخلية والخارجية
Endotoxins and Exotoxins

٤- المخلفات الصلبة

تشمل المخلفات الصلبة الناتجة عن محطات معالجة الصرف مخلفات المصافي وأحواض حجز الرمال والزلط والمكثوط (Scum) والحمأة. وعادة تكون الحمأة الناتجة عن عمليات معالجة الصرف في شكل سائل أو شبه سائل قبل مرحلة نزع المياه. وتعتبر المشاكل المتعلقة بالحمأة معقدة حيث أن الحمأة تحتوي غالباً على المواد المسؤولة عن المواقف الكريهة لمياه الصرف الغير معالجة.

مؤشرات بيئة العمل والرصد الذاتي للصحة والسلامة داخل محطات الصرف

يبين الجدول التالي أمثلة لمؤشرات بيئة العمل والرصد الذاتي للصحة والسلامة المهنية داخل محطات الصرف وهي تشمل الضوضاء والانبعاثات الكيميائية والغازات الضارة والمخلفات الصلبة .

جدول ٧-١٢

بيئة العمل والرصد الذاتي للصحة والسلامة المهنية داخل محطات الصرف

المؤشر	طريقة الرصد	الدلالة
الموضوع	القياسات	-التوافق مع اللوائح المطلوبة . جودة بيئة العمل-السلامة - الصحة
انبعاثات الكيماويات (الجير- الصودا الكاوية- حمض الكبريتيك)	تحليل الغاز	جودة بيئة العمل-مخاطر من الامراض المهنية
تداول وانتسكبات الكيماويات (البوليمرات)	- مشاكل في التنفس نتيجة الاستخدام اليومي ملاحظة أتربة البلمرات والأرضيات الزلقة.	جودة بيئة العمل-السلامة - الصحة
كبريتيد الهيدروجين والميثان	قياسات الغازات	مخاطر الاختناق
غبار البكتريا- الكيماويات	الكشف الطبي (الجلد- الكبد-العين)	جودة بيئة العمل-السلامة - الصحة
المخلفات الصلبة	الملاحظة	تولد الروائح الكريهة جودة بيئة العمل-السلامة - الصحة

الباب الثامن

قواعد السلامة والأمن داخل محطات معالجة

مياه الصرف الصحي

مقدمة

- ٨-١. المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي.
- ٨-٢. أولا المخاطر البيولوجية.
- ٨-٣. ثانيا مخاطر المواد الكيميائية.
- ٨-٤. ثالثا أخطار غاز كبريتيد الهيدروجين وأحتياطات السلامة معه.
- ٨-٥. مخاطر الكلور.
- ٨-٦. مخاطر الخزانات.
- ٨-٧. مخاطر الكهرباء.

الباب الثامن

قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

مقدمة

إن الهدف من هذه المحطات هو التخلص من الملوثات الصلبة والسائلة والغازية ما أمكن ذلك من خلال مجموعة عمليات مجدية تقنياً ويمكن بلوغها مالياً وهي تشمل الترسيب والتخثر والتندف والتهوية والتطهير والترشيح ومعالجة الحمأة. والمخاطر النوعية المتعلقة بكل عملية تحدد اعتماداً على تصميم المحطات وعلى المواد الكيميائية المستعملة في العمليات المختلفة ، وإن المبدأ الرئيسي للوقاية أو لإنقاص التأثيرات الضارة الناشئة عن العمل في المحطات يعتمد على توقع المخاطر وتمييزها وتقييمها ومكافحتها .

تعريف السلامة المهنية

توفير الحماية المهنية للعاملين و الحد من خطر المعدات و الآلات والمواد المستخدمة ونواتجها على العمال ومكان العمل و محاولة منع وقوع الحوادث وأمراض المهنة أو النقص من حدوثها و توفير الجو المهني السليم الذي يساعد العمال على العمل.

اهداف السلامة المهنية

- ١- حماية العنصر البشري من الإصابات الناجمة عن مخاطر بيئة العمل وذلك بمنع تعرضهم للحوادث والإصابات والأمراض المهنية .
- ٢- الحفاظ على مقومات العنصر المادي المتمثل في المنشآت وما تحويه من أجهزة ومعدات من التلف والضياع نتيجة للحوادث .
- ٣- توفير وتنفيذ كافة اشتراطات السلامة والصحة المهنية التي تكفل توفير بيئة

أمنة تحقيق الوقاية من المخاطر للعنصرين البشري والمادي .
٤- تستهدف السلامة والصحة المهنية كمنهج علمي تثبيت الأمان والطمأنينة في قلوب العاملين أثناء قيامهم بأعمالهم والحد من نوبات القلق والفرع الذي ينتابهم وهم يتعاضون بحكم ضروريات الحياة مع أدوات ومواد وآلات يكمن بين ثناياها الخطر الذي يهدد حياتهم وتحت ظروف غير مأمونة تعرض حياتهم بين وقت وآخر لأخطار فادحة .

٥- إزالة الخطر من منطقة العمل من خلال دراسة وتحليل المخاطر.
٦- تقليل الخطر إذا لم تتم إزالته.

٧- توفير جو العمل المريح.

٨- اختيار معدات الوقاية الشخصية المناسبة للعامل ونوع الخطر.

٨-١. المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي

نظرا لطبيعة مياه الصرف الصحي المتولدة من الأنشطة البشرية فان هذه الطبيعة قد تكون ذات اضرار صحية او بيئية علي العاملين أو القاطنين بالقرب من محطات المعالجة ، وتتعدد المخاطر المحتملة داخل محطات معالجة مياه الصرف ما بين مخاطر بيولوجية أو مخاطر كيميائية أو مخاطر فيزيائية أو مخاطر ظروف العمل نفسها داخل هذه المحطات.

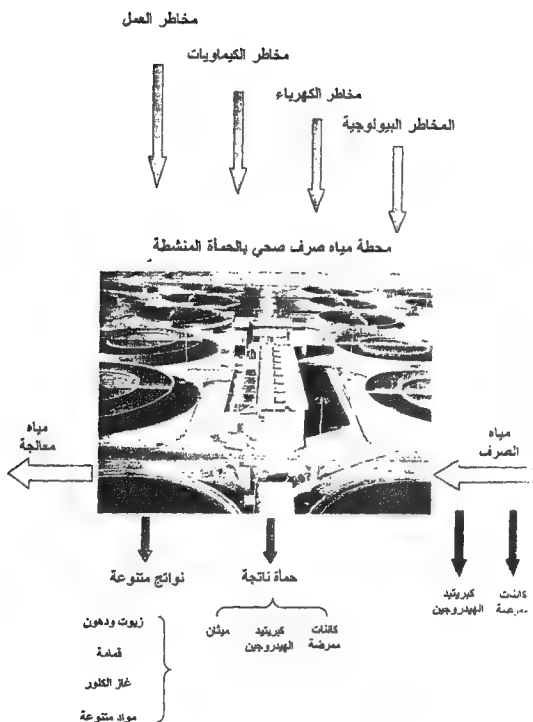
وتتلخص المخاطر المحتملة داخل محطات الصرف الصحي الي الآتي :

- ١- مخاطر بيولوجية والمسئول عنها الكائنات الدقيقة الممرضة.
- ٢- مخاطر الكيماويات والمواد السامة المتداولة والمستخدمة داخل المحطات .
- ٣- مخاطر الكهرباء والمسئول عنها كافة المعدات والاجهزة الكهربائية داخل المحطات

٤- مخاطر العمل وهي مخاطر عديدة ومتنوعة وتشمل :

▪ مخاطر الحريق

- مخاطر التدخين
 - مخاطر السقالات
 - مخاطر الحواجز والحفر
 - مخاطر الحرارة
 - مخاطر الروافع وتداول المعدات
 - مخاطر النقل ومرور وسير المركبات
 - مخاطر النقل ومرور وسير المركبات
 - خطورة العمل منفردا
 - خطورة العمل ليلا
 - خطورة واثر للضوضاء
 - خطورة المعدات ذات الأجزاء المتحركة
 - المناطق المحظورة الخطرة
 - مخاطر الخزانات
 - مخاطر العمل بالمناطق المرتفعة.
- وسوف نقصر دراستنا في هذه الكتاب علي المخاطر البيولوجية ومخاطر الكيماويات والغازات السامة ككبريتيد الهيدروجين وأحد مخاطر العمل كالتدخين ومخاطر الخزانات والكهرباء . و الشكل التالي يوضح أهم المخاطر الموجودة بمحطات مياه للصرف الصحي.



شكل ٨-١ أهم المخاطر الموجودة بمحطات مياه الصرف الصحي.

من هم المعرضون للمخاطر

◦ العاملون في مجال الصرف الصحي و لا سيما الكشف على شبكات المجاري و حفر الصرف الصحي.

◦ العاملون في مجال إنشاء الشبكات و صيانتها و تبديلها.

◦ العاملون في محطات معالجة الصرف الصحي والمياه المبتذلة.

◦ العاملون في المجال الزراعي و الاحراج المعرضون للتعامل مع حمأة الصرف الصحي

◦ سائقو شاحنات نقل الحمأة و العاملون عليها سواء في المدن أو المطارات أو سكك الحديد.

وقد يتضابق بعض السكان الذين يقطنون بالقرب من محطات معالجة الصرف الصحي من الروائح الكريهة مثل روائح بعض الغازات ككبريتيد الهيدروجين.

دراسة الخطر والمخاطر

الخطر هو تصرف غير آمن أو ظرف غير آمن أو مزيج من الاثنين من شأنه أن يسبب إصابة أو مرضاً أو الموت أو ضرراً في الأملak.

نظام تحليل المخاطر

يعرف نظام تحليل المخاطر بأنه: نظام يساعد على إدخال تطبيق مبادئ الصحة والسلامة المهنية في عمليات الإنتاج. وذلك من خلال فحص كل خطوة من خطوات إنجاز العمل للتعرف على المخاطر الصاحبة لكل خطوة وتحديد أفضل السبل للسيطرة على هذه المخاطر ومنعها.

خطوات نظام تحليل المخاطر :

بعد تقسيم العمل إلى خطوات يتم دراسة كل خطوة من خلال :

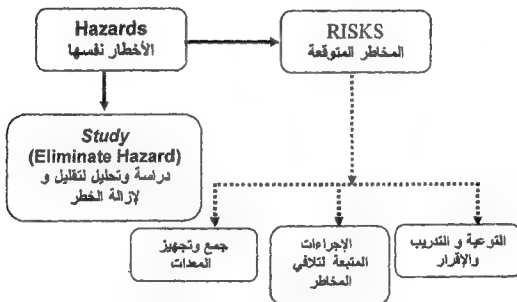
١- التعرف : يتم فيها التعرف على المخاطر الموجودة في العمل أو الناتجة عنه

وتحديد نوع هذه المخاطر إن كانت: مخاطر هندسية - فيزيائية - كيميائية - بيولوجية - بشرية

٢- التقييم : يتم تقييم هذه المخاطر وتحديد مدى خطورتها مع تقييم وسائل السلامة الموجودة ومدى فعاليتها.

٣- السيطرة والتحكم:

وهو علم يدرس أفضل السبل لمنع مخاطر العمل أو التقليل منها ما أمكن. والشكل التالي يبين دراسة الخطر والمخاطر المتوقعة وكيفية تلافيها والإقلال من أثارها



شكل ٨- ٢ دراسة الخطر والمخاطر المتوقعة

وسوف نتحدث عن بعض المخاطر التي يمكن أن تتواجد في محطات ومشاريع الصرف الصحي والتي تشمل المخاطر الآتية :-

٨-٢. أولا المخاطر البيولوجية

تتمثل العوامل البيولوجية الخطرة في مسببات الأمراض المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام أو المياه المعالجة أو الحمأة المنتجة من المحطات ، ومسببات

الامراض هي غالبا الكائنات الحية الدقيقة الممرضة والتي تشمل البكتيريا والفيروسات والطفيليات والديدان.

العوامل المسببة للعدوى مسببات الأمراض Infectious agents

من أهم عوامل العدوى المنتشرة في محطات مياه الصرف الصحي والصناعي الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات والبروتوزوا (الأوليات) أو الطفيليات الأولية ، وتسبب هذه الكائنات الحية الكثير من الأمراض و فالبكتيريا مثلا تسبب مرض الكوليرا ، والفيروسات تسبب مرض التهاب الكبد الوبائي ، والبروتوزوا تسبب مرض الدوسنتاريا الاميبية .

ومن أهم الأسباب التي تؤدي الي انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في مياه الصرف هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية الي شبكة المجاري العامة دون تعقيم أو تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي الي انتشار الأمراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقله لها.

والجدول التالي يحتوي علي قائمة بالأمراض التي تسببها الكائنات الممرضة التي يمكن أن تتواجد في مياه الصرف الصحي.

جداول ٨-١

المرضات في مياه الصرف

Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type	Disease or syndrome caused
BACTERIA	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Enteritis (inflammation of the intestine)
<i>Campylobacter</i>	Enteritis, diarrhea

Clostridium perfringens	Enteritis (indicator)
Escherichia coli	Enteritis, diarrhea
Francisella tularensis	Tularemia
Leptospira	Jaundice, meningitis
Listeria monocytogenes	Listeriosis
Mycobacterium	Tuberculosis, skin
Pseudomonas	Skin, ear infections
Salmonella (1700 types)	Enteritis, typhoid
Shigella (4 species)	Enteritis, diarrhea
Staphylococcus aureus	Skin infections
Vibrio cholerae and	Cholera, skin infections
Yersinia enterocolitica & pseudotuberculosis	Enteritis
HELMINTHS	
Ascaris lumbricoides	Ascariasis
Ancylostoma duodenale	Hookworm infections
Trichuris trichiura	Trichiuriasis
Taenia	Taeniasis
Toxocara	Abdominal pains
Strongyloides	Abdominal pains
PROTOZOANS	
Entamoeba histolytica	Enteritis, chronic diarrhea,
and coli	dysentery, liver abscess
Giardia lamblia	Giardiasis, enteritis

Cryptosporidium parvium	Enteritis, diarrhea
Ballantidium coli	Enteritis, diarrhea
Naegleria fowleri	Meningoencephalitis
Acanthamoeba spp.	Meningoencephalitis
VIRUSES	
Polioviruses (3 types)	Paralysis, meningitis
Echoviruses (34 types)	Meningitis, diarrhea
Coxsackieviruses A and B (30)	Meningitis, conjunctivitis,
Hepatitis A and E viruses	Epidemic hepatitis
Enteroviruses 68-71	Meningitis, conjunctivitis
Rotaviruses (+4 types)	Enteritis
Reoviruses (3 types)	Enteritis, respiratory
Adenoviruses (+40 types)	Enteritis, eye and respiratory
Norwalk and like viruses	Gastroenteritis
Caliciviruses and Astroviruses	Enteritis
Coronaviruses	Enteritis
Parvoviruses (2 types)	Enteritis, respiratory in children

كيف تدخل الجراثيم إلى جسم الإنسان

أكثر الطرق شهرة لانتقال هذه الجراثيم إلى الجسم هو من اليد إلى الفم خلال تناول الطعام، الشرب و التدخين أو بمسح الوجه بيد أو قفازات ملوثة و أحيانا باستنشاق الرذاذ.

و ايضا من الطرق الشائعة :

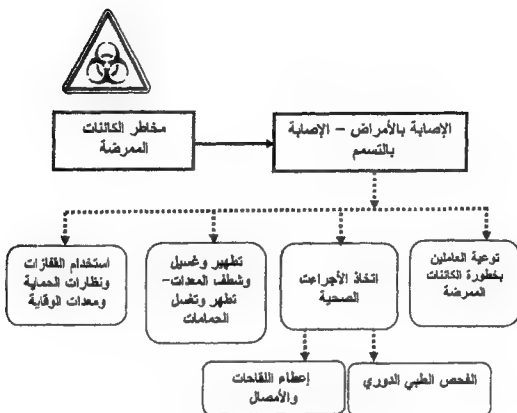
- الاتصال المباشر بالجلد من خلال جروح او حروق

- استنشاق غبار أو غازات أو رذاذ
- كما سجل انتقال الجراثيم إلى الجسم عبر العين، والأنف و الفم.

حماية العاملين من هذه أخطار الجراثيم

بما أن الجراثيم و الكائنات الحية الدقيقة ملازمة للصرف الصحي، حيث انها متواجدة بالهواء والمياه والأرض ، فإنه يصعب التخلص من الأخطار نهائيا و لكن المعرفة السليمة لها و العمل على إجراءات الوقاية منها مطلوب بشدة.
من هذه الإجراءات :

- الاعتماد الرئيس على أجهزة قياس ومراقبة الكترونية لاختبارات وفحوصات مياه الصرف لنقليل التلامس بين العاملين والمياه الملوثة .
 - اجراء تطعيم لكل العاملين بالمحطات للأمراض الشائعة التي يمكن ان تنتقل من خلال التعامل مع مياه الصرف الصحي مثل التيتانوس والالتهاب الكبدي الوبائي والتيفود
 - تدريب العاملين على وعي الأخطار والتزام إجراءات السلامة بشكل دائم و حازم
 - تأمين معدات وقاية شخصية مثل القفازات الخاصة، أحذية مانعة للانزلاق،البسة مانعة لنفاذ الرذاذ ، أقمعة للوجه ، أجهزة تنفس محمولة
 - تأمين أماكن اغتسال مجهزة برشاشات مياه Showers ، صابون ، مواد تعقيم و أوراق صحية للاستعمال الواحد.
 - الفصل الكلي لاماكن الراحة و الطعام عن موقع العمل
 - تأمين لوازم و أدوية ضرورية في مجال المساعدة الأولية First aid .
 - إجراء فحوصات و كشوفات طبية دورية على العاملين و تدوين النتائج في سجلات خاصة.
- والشكل التالي يبين مخاطر الكائنات الممرضة وكيفية الوقاية و الحد من خطورتها.



شكل ٨-٣ مخاطر الكائنات الممرضة والوقاية منها

٨-٣. ثانياً مخاطر المواد الكيماوية

محطات مياه الصرف التي تحتوي على وحدات معالجة كيميائية تتعامل مع كثير ومختلف الكيماويات والمواد الكيميائية مثل موال الترويب والترسيب والتطهير بالإضافة الي مواد كيماوية تستخدم في تشحيم وصيانة المعدات الميكانيكية والمواد الكيميائية التي تستخدم في تنظيف وصيانة الاحواض والخزانات وخطوط المواسير والشبكات ووحدات المعالجة المختلفة .

وعموماً الكيماويات تحيط بنا في كل مكان بعضها قليل الخطورة والبعض الآخر قد يضر ان لم نتعامل معها بشكل سليم فيجب علي كل العاملين أن يكونوا على دراية بالكيماويات التي يستخدموها في عملهم ومعرفة كيفية التعامل معها للحد من خطر الإصابة.

تنقسم الكيماويات الى ثلاث أشكال رئيسية اما أن تكون صلبة أو سائلة أو غازية. و الكيماويات الصلبة تكون في الهواء على شكل غبار أو أبخرة. السوائل عندما يتم تسخينها أو رشها تتحول الى أبخرة وتنتشر في الهواء ويمكن لحاسة الشم أن تدل على وجود كيماويات ولكن بالطبع يفضل عدم الاعتماد علي حاسة الشم فهناك الكثير من الكيماويات الخطرة التي لا يمكن التعرف علي وجودها برائحتها يجب عدم شم الكيماويات عمدا لأي سبب. فقد تتأثر صحة الانسان بدخول الكيماويات السامة لجسمه وقد يحدث هذا بطرق عديدة ولكن يمكن حماية الانسان من خطر الكيماويات.

بعض الكيماويات يمكن لجلدك أن يمتصها وتدخل دمك. الملابس الواقية يمكنها الحد من هذا الخطر. بدون الملابس الواقية يمكن للاتصال المباشر بالكيماويات أن يلهب جلدك أو يصيبه بحروق أو اصابة أشد حسب نوع المادة، يمكن استنشاق بعض الكيماويات الى داخل الرئتين. أن استنشقت مواد كيماوية يمكنها اطلاق رنتيك أو يمكن لدمك أن يمتصها بحيث تؤذي أعضاء أخرى بجسمك. يمكنك أن ترتدى جهاز تنفس حتى تنقى الهواء الذى تتنفسه من الكيماويات. أجهزة التنفس تمنعك أيضا من تناول الكيماويات بالفم أو ابتلاعها. يمكنك أيضا أن تستخدم الإجراءات العملية السليمة كأن تغسل يديك قبل وضع أى شئ بفمك. بعض الكيماويات الخطرة التى تبتلعها تنزل الى معدتك وتمتص فى مجرى الدم. بعض الكيماويات قد تصيب بحروق أو تلهب عينيك ان دخلت فيها فقد تحتاج الى استخدام نظارات واقية.

لا تحتاج جميع المواد الكيماوية لاستخدام معدات الوقاية الشخصية كما أن الكثير من الكيماويات المتشابهة تحتاج لمستويات مختلفة من الحماية. مع بعض الكيماويات لا تحتاج للحماية إطلاقا.

حجم الاصابة يتوقف على امور ثلاثة: الخواص الخطرة للمادة التى تعرضت لها والكم الذى يدخل الجسم وفترة التعرض لها.

لو كانت المادة الكيماوية مركزة سيدخل منها لجسمك نسبة أكبر حتى وإن كانت المادة غير مركزة أن تعرضت لها لفترة طويلة يمكن أن تتراكم في الجسم وتسبب أمراضا أو أصابات طويلة المدى. هناك عوامل أخرى تزيد من تأثير السموم أن تنفس انفاضا عميقة عند وجود المادة بالهواء سيزيد هذا من تعرضك وإن كنت مصابا بحساسية أو مصابا بحساسية ضد المواد الكيماوية أو كنت ضئيل الحجم فقد تتأثر بشكل أسرع.

يجب أن تكون على دراية بالكيماويات التي تتعامل معها. الهدف من معيار المعرفة بالخطر هو التيقن من معرفتك للكيماويات التي تستخدمها وهل لهذه الكيماويات تأثير ضار على الصحة.

يجب أن يكون هناك نظام واضح لتمييز المواد الكيماوية الخطرة، يجب أن يعرف المصق التحذيري بنوع المادة وأسباب خطورتها. يجب أن تقدم الشركة دورات تدريبية للتعريف بمعنى المصق ويجب أن تكون لدى الشركة قائمة بجميع الكيماويات المستخدمة في موقع العمل، لكل من هذه المواد الكيماوية يجب أن تكون هناك صحيفة الأمان للمواد ويجب أن تكون هذه الصحيفة متاحة دائما.

إن صحيفة بيانات الأمان للمادة تصف كل مادة كيماوية وتورد أسمائها الشائعة وتقدم تعليمات عن تأثيرها على الصحة وأيضا الإجراءات الوقائية التي عليك أن تستخدمها مع كل مادة والإسعافات الأولية أو العلاج السريع لذي ينبغي تقديمه في حالة التعرض للمادة. يجب أن تتلقى تدريبا قبل أن تتعامل للمرة الأولى مع مادة خطيرة. يجب أن تبلغ رئيسك إذا كنت ستعامل مع مادة كيماوية جديدة عليك.

لا تنس أن التعامل الآمن مع الكيماويات يتطلب جهدا جماعيا. الاستهتار لا يعرضك فقط للخطر ولكنه يعرض صحة زملائك للخطر كذلك إذا تصرف بكفاءة حتى لا تكون المواد الخطرة خطرة على صحتك.

متى تصنف المادة الكيماوية على أنها خطر؟

خصائص المادة الكيماوية تعنى تفاعلها مع الحرارة والضغط وغيرها من المؤثرات الخارجية وعندما تعرف الخواص سييسهل تحديد متى تكون المادة مصدرا للخطر. عند التعامل مع أى مادة يجب الحابة عن ٥ خواص هى: القابلية للاشتعال(أى مادة تصدر أبخرة قابلة للاشتعال عند ١٠٠ درجة فهرنهايت) ، السمية، الأكسدة (المواد التى تتفاعل مع الجلد وتأكله)، مسببات الأكسدة(عندما يمون الأكسجين عاملا فى تكوين المادة ويمكنه التفاعل مع المواد الأخرى والاشتعال حتى لو لم يكن هناك أكسجين آخر) والقابلية للانفجار. اذا كانت لأى مادة احدى هذه الخواص او أكثر يجب الاحتياط والحذر فى التعامل معها.

مصادر الكيماويات داخل محطات الصرف الصحى

تتواجد الكيماويات داخل المحطات فى اماكن كثيرة ومن الجدير بالذكر ان نوعية المعالجة هي التي تحدد وجود واستعمال كيماويات معينة داخل المواقع فمثلا مشاريع المعالجة البيولوجية يكون استخدام الكيماويات فيها محدودا جدا وقد يقتصر على الكلور ومركباته في التطهير . اما المشاريع التي يتم فيها المعالجة عن طريق العمليات الكيميائية فان استخدام الكيماويات يكون شائعا ومتوعا حسب درجة المعالجة فكيماويات الترسيب والترويب والتطهير .

وهناك ايضا معامل مياه الصرف والتي تحتوي على كثير من الكيماويات السامة والخطرة.

والجدول التالي يبين كثير من المواد السامة المتواجدة في المياه المعالجة الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتأثيراتها الصحية والبيئية

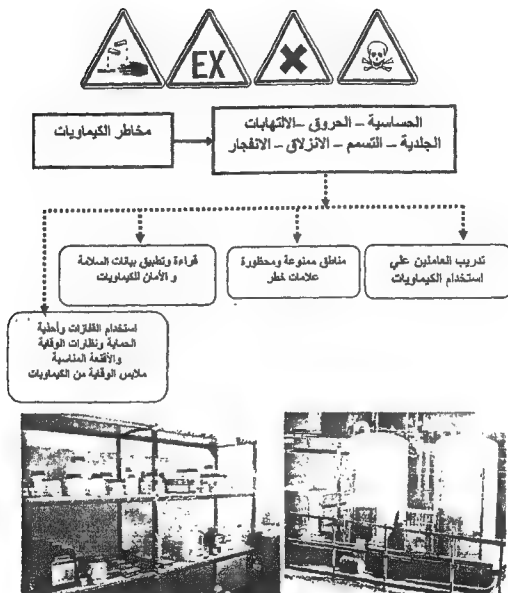
جدول ٨-٢

المواد السامة المتواجدة في مياه الصرف

Toxins	Potential health and environmental effects
Heavy metals	
Cadmium	neurotoxin (attacks nerve cells), teratogen (causes birth defects)
Chromium	carcinogen (causes cancer)
Lead	neurotoxin, teratogen, affects female fertility, bioaccumulative (builds up in the food chain)
Mercury	neurotoxin, teratogen, affects female fertility, bioaccumulative
Zinc	excessive ingestion is uncommon but can cause gastrointestinal distress and diarrhea
Agricultural chemicals	
2,4-D	teratogen
Lindane	carcinogen, teratogen, immunotoxicity (damages immune system)
Methoxychlor	reduces fertility, bioaccumulative
DDD and DDE	neurotoxin, affects fertility, immunotoxicity, carcinogen
Industrial chemicals	
PCBs	neurotoxin, carcinogen, suppresses immune system in animals, causes skin disorders, liver damage, depression and internal bleeding, affects fertility
Chloroform	carcinogen, affects female reproductive

Xylene	affects male reproductive capacity
Tetrachlorethylene	affects respiratory system, very persistent in the environment
Trichloroethylene	poisonous by ingestion or absorption through skin, skin irritant
Cresol, Phenol	poisonous by ingestion or absorption through skin
PAHs	carcinogens, biotransformable (shift forms once in the organism)
LABs	persistent in the environment, effects not yet known

والشكل التالي يبين مخاطر الكيماويات وعلامات بعض الكيماويات ذات الخطورة مثل المواد الاكالة والمواد السامة والمواد الخطرة وكيفية الوقاية و الحد من خطورتها.








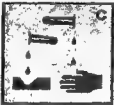



شكل ٨-٤ مخاطر الكيماويات وكيفية الوقاية منها

التعليمات والارشادات الخاصة بالتعامل مع الكيماويات المعملية

- ١- الكيماويات السامة أو المتطايرة تخزن في دواليب خاصة ذات تهوية .
- ٢- الكيماويات ذات الضغط البخاري المرتفع تحفظ في ثلاجات .
- ٣- الكيماويات التي تتفاعل مع الماء تخزن في مكان واحد .
- ٤- الكيماويات القابلة للاشتعال والأحماض المركزة تخزن علي الأرض .
- ٥- الكيماويات انقابلة للانفجار تخزن في ثلاجة مقاومة للانفجارات .
- ٦- الكيماويات شديدة الخطورة لا تخزن وتستهلك أولاً بأول .
- ٨- تحفظ الكيماويات في عبوات زجاجية أو بلاستيك تتناسب مع خواص المواد المحفوظة بداخلها فمثلاً لا تستخدم أوعية الألمنيوم لحفظ المركبات الكلورينية كما يجب ملاحظة ما يحدث في الأوعية البلاستيكية من تغيير في الشكل أثناء تخزين الكيماويات ويجب وضع تعريف بالكيماويات الموجودة علي الزجاجات.
- ٩- يجب أن تبعد الكيماويات أثناء التخزين عن تلك التي تتفاعل معها في درجة الحرارة مثل الأحماض والقواعد والقلويات أو أملاح السيانيد أو المواد المؤكسدة مثل البروكسيدات والنيترات والكلورات.
- ١٠- توضع الكيماويات الخطرة علي أرفف مرتفعة (حوالي ١٧٠سم) أو في دواليب مغلقة وأن تكون العبوات مغلقة بإحكام وأن يكون العمل بها واستخدامها تحت إشراف شخص مسئول.
- ١١- الكيماويات الخطرة التي تضر بالصحة يجب حفظها في مكان تحت سحب هواء مستمر (خزانة غازات مثلاً).
- ١٢- المواد التي تشتعل ذاتياً في درجة حرارة الغرفة بتأثير الهواء أو الرطوبة يجب حفظها بعيداً عن المواد القابلة للانفجار أو المواد الملتهبة أو التي تساعد علي الاحتراق والقابلة للاشتعال ويجب أن لا يوجد بالمعمل منها إلا قدر الاحتياج اليومي فقط.

- ١٣- حامض الكبريتيك المركز والنيتريك المركز والبركلوريك تحفظ بطريقة لا تحدث أضرار في حالة كسر الزجاجات (داخل حاوية بلاستيك).
- ١٤- يجب عم الاحتفاظ بكميات تزيد عن ١ لتر بالمعمل من المذيبات القابلة للاشتعال في مكان العمل وإذا دعت الحاجة لاستخدام كميات فيجب أن تخزن في مكان آمن جيد التهوية.
- ١٥- يجب حفظ المواد القابلة للاشتعال بطريقة آمنة وعند استخدام عبوات بلاستيك ذات سعة ٥ لتر فأكثر لحفظ سوائل ذات نقطة اشتعال عند ٩٣٥ ° يجب أن تكون قادرة علي معادلة أي شحنة استاتيكية.
- ١٦- تحفظ السوائل المستخدمة في التنظيف والقابلة للاشتعال في زجاجات ذات جدار سميك أو في زجاجات بلاستيك (مثل أسيتون ، كحول أيزوبروبانول).
- ١٧- يجب إعادة تنظيم الكيماويات مرة علي الأقل كل عام ويتم التخلص من الكيماويات التي فقدت فاعليتها أو لم يعد لها حاجة للاستخدام.
- ١٨- تستخدم عربة متحركة لنقل الكيماويات من المخازن أو من مكان لآخر.
- ١٩- يجب معرفة تركيز بخار المواد الخطرة في الهواء بمكان العمل.

العلامات الدالة على خطورة المواد الكيميائية المعملية

 <p>سام جدا Very Toxic</p>	 <p>سام Toxic</p>	 <p>ضار Harmful</p>
 <p>Flammable قابل للاشتعال (مواد ملتهبة)</p>	 <p>شديد القابلية للاشتعال (مواد شديدة الاشتعال)</p>	 <p>مادة أكالة Corrosive</p>
 <p>Explosive مواد قابلة للتفجار</p>	 <p>Oxidizing مواد مؤكسدة</p>	 <p>Flammable Solids مواد صلبة ملتهبة</p>

 <p>Dangerously reactive Material مواد فعالة خطرة</p>	 <p>Biohazardus infectious material مواد ذات خطر بيولوجي</p>	 <p>Dangerous for environment مواد ضارة بالبيئة</p>
 <p>Radioactive Material مادة ذات نشاط اشعاعي</p>		

اشارات خطورة للمواد الكيميائية (لون برنقالي)

٨-٤. ثالثا اخطار غاز كبريتيد الهيدروجين و احتياطات السلامة معه

كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulfide غاز ذو رائحة كريهة وقوية تشبه رائحة البيض الفاسد ليس له لون ويوجد بصورة طبيعية في البيئة وقد يتكون وينبعث حيثما تكون النفايات التي تحتوي على الكبريت قد تفتت بفعل البكتيريا . فشبكات المجاري وخزانات التحليل ونفايات ومخلفات المواشي ومصاريف المياه الأسنة الخاصة بالإنسان والشاحنات التي تنقل النفايات والمخلفات الكيميائية قد تنبعث منها غاز كبريتيد الهيدروجين وكذلك من الممكن أن يوجد هذا الغاز في المياه الجوفية خصوصاً في الآبار قرب حقول النفط أو الآبار التي تتخلل الصخور الرملية . كذلك يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في الغازات النفطية والطبيعية

ويحتوي الغاز الطبيعي على ٢٨% من غاز كبريتيد الهيدروجين لذا فقد يتسبب في تلوث الهواء في المناطق التي يوجد بها إنتاج للغاز الطبيعي وكذلك في مناطق مصافي النفط كذلك من الممكن أن ينبعث الغاز من خلال الصناعات التي تتركز على مركبات الكبريت .

مصادره

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة، ومن الصناعات الجلدية وصناعة تكرير النفط وصناعة المطاط، ومن احتراق المواد التي تحتوي على عنصر الكبريت مثل الفحم وبعض المشتقات البترولية. إلا أن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة يأتي من تكرير البترول وبعض الصناعات البتروكيمياوية باعتباره أحد مكونات البترول والغاز الطبيعي. كما يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في كثير من المياه المعدنية (المياه الكبريتية) كما يتصاعد من فوهات البراكين حيث يحترق كثير منه احتراقاً غير كامل إلى كبريت وماء. وغاز كبريتيد الهيدروجين بأنه غاز سريع للتأكسد ليتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت يتفاعله مع الأوزون .



اضرار كبريتيد الهيدروجين الصحية

يُعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أشد الغازات سُمية، إذ أنه أشد سمية حتى من غاز أول أكسيد الكربون، ويدخل غاز كبريتيد الهيدروجين إلى جسم الإنسان من طريق التنفس والجلد. ويؤثر في الجهاز العصبي المركزي، ويثبط عملية الأكسدة الكيميائية بسبب تأثيره على الانزيمات الفعالة الخاصة بالتنفس، مما يحدث اضطراباً في التنفس الخلوي. كما يؤثر هذا الغاز في قدرة الإنسان على التفكير، ويهيج الأغشية المخاطية في المجاري التنفسية وملتحمة العين.

ويبلغ تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء المسموح به بين ٠,٠٠٣ و ٠,٠٠٨ جزء في المليون. وبمجرد الشعور برائحة غاز كبريتيد الهيدروجين (رائحة البيض الفاسد) يعني أن تركيزه في الهواء قد تعدى الحدود المسموح بها.. الاستنشاق والرائحة:

إن استنشاق غاز كبريتيد الهيدروجين هو إلى حد كبير طريق إلى التعرض للأخطار فعندما يحتوي الجو على ٣٠٠ جزء من المليون فيعتبر خطيرا فورا على الحياة والصحة. تعتمد آثار التعرض على عدة عوامل هي :

١. تركيز كبريتيد الهيدروجين في الجو.

٢. مدة التعرض.

٣. الحساسية الجسدية للضحية.

٤. الرائحة ليست تحذير محل ثقة حيث لا يمكن الاعتماد عليها (في الحقيقة

أنك يمكن ان تشم الرائحة التي لها تركيز منخفض ولكن حاسك للرائحة

نقل بالمستوى الرفيع للتركيز.

الآثار المرتبطة عند التعرض للغاز:

• (1 ppm) لا آثار جسدية هامة، حاسة الشم تبقى سليمة ويمكن ان نكتشف ولها رائحة البيض الفاسد.

• (10 ppm) التهاب العين، وايضا هو قمة الحد الأقصى المسموح بالتعرض له لمدة ثماني ساعات ويمكن ان نتنفس بدون استخدام أجهزة التنفس.

• (15 ppm) الحد الأقصى المسموح بالتعرض له لمدة ١٥ دقيقة ويمكن ان نتنفس بدون استخدام أجهزة التنفس.

• (100 ppm) يسبب حرقان العيون والحلق ، والصداع ، الغثيان، الكحة، حاسة الشم تصبح عديمة الجوى خلال ٣-١٥ دقيقة.

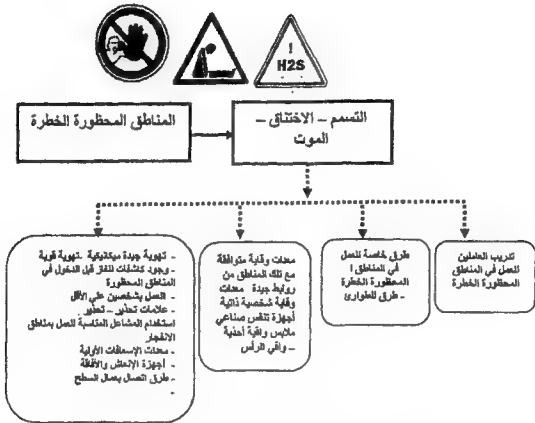
• (200 ppm) فشل الجهاز التنفسي أو الجهاز الدوري، الإغماء ، النوبات

المرضية، فشل الأمعاء والمثانة، الموت خلال ٣٠ دقيقة.

• (300 ppm) الإغماء الفوري ويقتل في الحال.

وبالنسبة لمياه الشرب فتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين بنسبة ٧٠ جزء في المليون (ppm) قد يسبب مشاكل في الجهاز الهضمي . والتعرض المباشر للمياه التي تحتوي على هذه المستويات من غاز كبريتيد الهيدروجين قد تسبب الاحمرار والألم . فقد تتهيج العين في مستويات غاز كبريتيد الهيدروجين المنخفضة في الماء وكذلك التهاب والندوب الدائمة في العين قد تحدث في المستويات المرتفعة . وليس من المؤكد إذا كان التعرض الطويل الأمد للمستويات المنخفضة من الغاز قد يؤدي إلى المرض وقد أظهرت الدراسات مع الحيوانات إن التنفس في مستويات منخفضة من هذا الغاز ولمدة طويلة قد يؤدي إلى تهيج والتهاب الأنف والحلق والرئة ودراسات الحيوانات الأخرى تثبت أن التعرض الطويل المدى لمستويات منخفضة من غاز كبريتيد الهيدروجين في مياه الشرب قد يؤدي إلى مشاكل في الجهاز الهضمي.

والشكل التالي يبين مخاطر المناطق المحظورة والتي يمكن ان يتواجد بها غاز كبريتيد الهيدروجين مثل غرف التفتيش والخزانات المغلقة وكيفية الوقاية و الحد من خطورتها.



شكل ٨-٥ مخاطر المناطق المحظورة لتواجد غاز كبريتيد الهيدروجين

كيفية التحكم بأخطار كبريتيد الهيدروجين

هناك أربعة طرق أساسية للتحكم: القياسات الهندسية، الكشف، الحماية التنفسية، والتدريب المؤثر:

١- الإجراءات الهندسية:

الخط الأول للدفاع ضد التعرض إلى كبريتيد الهيدروجين في داخل بيئات العمل هو التحكم الهندسي مثل تصميم آمن للمعدات العملية صيانة المعدات بانتظام، التهوية المناسبة، والتحكم بالتسرب توحيد هذه العناصر يحد من الأخطار، التهوية هي الطريقة الهندسية المثلى ويستخدم على نطاق واسع التهوية وهي إما ميكانيكية أو طبيعية حيث كلتا الطريقتين تعملان على منع تفاقم مستويات تركيز كبريتيد

الهيدروجين يجب ان يكون التركيز أقل من 10 PPM زيادة التركيز تعني ان هناك تحرير لغاز كبريتيد الهيدروجين والذي يجب ان يزال إلى ادنى حد ممكن كما يعني ذلك ان التهوية غير كافية.

٢- للكشف:

أولاً: يجب تقييم المناطق التي يمكن ان ينتج عنها تسرب الغاز والمتابعة المستمرة على سبيل المثال مصانع معالجة الغاز، معامل التكرير، وحقول الخزانات النفطية، وآبار النفط. من ثم يجب تركيب اجهزة فحص الغازات الثابتة في هذه المناطق في حالة التسرب فإن إنذار الخطر يرن ويصدر عنه وميض تحذير.

ثانياً: استخدام الأجهزة المحمولة للكشف عن الغازات على فترات محددة أثناء الصيانة والإصلاحات التي تتم في المناطق التي ذكرت سابقاً وفحص المناطق المراد دخولها قبل الدخول ومتابعة الفحص بشكل متكرر خلال مدة العمل لتقادي الأخطار.

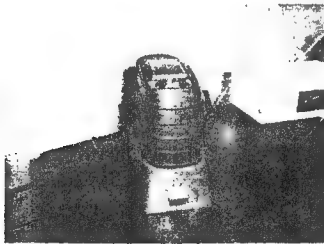
٣- وسائل الحماية للتنفسية:

عند التعرض إلى كبريتيد الهيدروجين فيمكن استخدام احد النوعين الأساسيين لمعدات الحماية التنفسية المناسبة اجهزة التنفس الكاملة (SCBA) التي تحمل فوق الظهر عن طريق اسطوانة هواء مضغوط. الأسطوانات يجب ان تعد لتزويد هواء على الأقل لمدة ٣٠ دقيقة. النوع الثاني هو نوع الخرطوش. قبل ان تستعمل معدات الحماية التنفسية يجب ان تكون المعدات مناسبة لك وتتلقى التدريب في كيفية استعمالها وفي كيفية التنقيش والتنظيف والصيانة والخزين وإجراءات حالة الطوارئ.

٤- التكريب المؤثر:

يمكن ان تعمل بأمان في المناطق التي يتواجد إذا استغللت عادات العمل الآمن ونفذت احتياطات الأمن والتكريب الجدي وأتباع:

١. تحديد مكان تسرب الغاز
 ٢. كبريتيد الهيدروجين - خطة طوارئ لأخطار كبريتيد الهيدروجين .
 ٣. استخدام أجهزة التحذير والمناسبة.
 ٤. تحديد مخارج الطوارئ.
 ٥. حدد اتجاه الريح .
 ٦. توجيهات للهروب من upwind.
 ٧. الهروب إلى الأماكن الآمنة المخصصة للتجمع.
 ٨. استخدام اجهزة التنفس.
- كن على حذر دائم!!!
- دائما اتبع وسائل السلامة الآمنة وكن جاهزا لأن تستجيب في حالات الطوارئ
- عندما تعمل حول المناطق التي يتواجد فيها كبريتيد الهيدروجين فهناك ببساطة لا مجال للأخطاء.



جهاز قياس غاز كبريتيد الهيدروجين

حالات الطوارئ لغاز كبريتيد الهيدروجين

وجود كبريتيد الهيدروجين بتركيز عال: يجب أن تترك المكان فوراً وأخطر رئيس وريدية العمل أو المشرف وحدد له مكانك وما فعلته وسيقرر الوسيلة المثلى لمنع الآخرين من الدخول وسيقوم بإبلاغ عمال الطوارئ. قم بعد ذلك بوضع جهاز الهواء النقي وتأكد من احكام التصاقه بوجهك. ان لم يصب أحد قم باجراء اختبار لمعرفة درجة تركيزه، حدد مصدره وحاول اغلاقه ان أمكن. قد يفيد الرش بالضباب المائي في تشتيت الغاز. استخدم مروحة او محركاً للهواء لتشتيت الغاز. اذا اصيب احد اتخذ نفس الخطوات الثلاثة الأولى، اترك المكان وأبلغ الشخص المناسب وارند جهاز التنفس. عادة رد فعلك الأول أن تهرع الى المصاب ولكن لصالحكما معا قيامك بهذه الخطوات الثلاثة يزيد من فرص نجاتك. لا تحاول انقاذه الا بعد وضع جهاز التنفس. أبعد العامل عن المنطقة المشبعة بكبريتيد الهيدروجين وابدأ في عمل تنفس صناعي له، يمكنك الاتصال بالاسعاف واستدعائها ولكن مسن الضروري ان يستعيد المصاب للتنفس، بعد وصول الاسعاف وابعاد اى مصابين عليك باتخاذ الإجراءات الأخرى لتشتيت الغاز.

لا يوجد مجال للخطأ في التعامل مع كبريتيد الهيدروجين، من الممكن أن تعمل في أمان مع كبريتيد الهيدروجين، عليك أن تكون مدركاً للخطر وأن تتصرف بسرعة في حالات الطوارئ

٨-٥. مخاطر الكلور

الكلور مادة غير قابلة للاشتعال أو الانفجار وأيضاً غير موصلة للكهرباء فلذلك لا يتسبب تسريه في اشعال الحرائق.

يسبب التعرض المباشر لمادة الكلور تهيج في الجهاز التنفسي وخاصة للأطفال وكبار السن. وفي حالته الغازية فإنه يسبب تهيج الغشاء المخاطي وفي حالته السائلة يسبب حروق للجلد. ويتطلب وجود ٣,٥ جزء في المليون منه للتعرف على

رائحته، ولكنه يتطلب وجود ١٠٠٠ جزء في المليون أو أكثر ليصبح خطراً. ولذلك تم استخدام الكلور في حالته الغازية في الحرب العالمية الثانية كسلاح كيميائي. ولذلك لا يجب أن لا تتعدى نسبة الكلور ٠,٥ جزء في المليون (لشخص البالغ لفترة عمل تبلغ ٨ ساعات - ٤٠ ساعة عمل في الأسبوع تقريباً). التعرض الكثير للتركيز العالي من الكلور ذو خطورة وقد يسبب وجود مياه في الرئة. والتعرض للتركيزات المنخفضة لفترات طويلة لغاز الكلور يؤدي لضعف الرئة، ويجعلها أسهل تأثراً بأمراض الرئة الأخرى. ويمكن تكون غازات سامة عند خلط المبيضات مع البول، الأمونيا أو أي منتجات تنظيف أخرى. وتتكون هذه الغازات من خليط من غازات الكلور، الكلورامين، ثلاثي كلوريد النيتروجين: وعلى هذا يجب الاحتياط لعدم حدوث مثل هذه التركيبات.

وتركيز غاز الكلور الذي يمكن أن يتعرض له الإنسان دون أن يصيبه ضرر هو نسبة واحد إلى المليون في الهواء . والتعرض إلى نسبة أعلى من ذلك تسبب تهيج في الغشاء المخاطي والسعال وضيق التنفس والقلق بالإضافة إلى تهيج الحنجرة . فإذا تعرض شخص لنسبة عالية من الكلور يجب أن يتم إبعاد من المنطقة الملوثة وإعطائه مواد إنعاش إذا تطلبت حالته وكما يجب وضع المصاب في مكان دافئ حتى يصل الطبيب لإسعافه . ومؤخراً كشف باحثون بريطانيون أن مياه الصنبور التي تحتوي على معدلات كلور عالية التركيز قد تزيد من مخاطر الإجهاض وموت الأجنة في الرحم. وذكر علماء في كلية لندن الملكية أنهم يعتقدون بوجود علاقة بين الماء الذي يحتوي على الكلور عالي التركيز أو على مشتقاته أو مركباته وولادة أطفال صغار الحجم وأن الخطر يرتفع إذا شربت الحوامل هذا النوع من الماء أو استحممن فيه.

الوقاية من أخطار الكلور

وأسلم الطرق لتجنب مخاطر الكلور في محطات الصرف التي تستخدمه في

التطهير هي المراجعة المنتظمة لتفادي أي تسربات. و الأمونيا مادة فعالة لكشف تسربات الكلور لأنها تنتج دخان أبيض عند تفاعلها مع الكلور . ويجب معالجة أي تسرب قبل أن يستحل أمره كما يجب تجنب إضافة الماء على الكلور المتسرب لأن المزيج الذي ينتج من إضافة الماء للكلور يزيد من حجم التسريب.

الكلور من الغازات السامة ولهذا يجب التعامل معه بحذر ولمنع وتقليل حوادث الكلور يراعي الآتي :-

١. يجب ان تكون اماكن تخزين اسطوانات الكلور مغلقة ومسقوفة لحماية الاسطوانات من اشعة الشمس

٢. يجب ان تكون اماكن تخزين اسطوانات الكلور جافة تماما وغير معرضة ان تصل إليها المياه من اي مصدر للمياه

٣. لا يسمح بنقل اسطوانات الكلور او دحرجتها سواء كانت مملوءة او فارغة بدون وجود غطاء محكم علي صمام الاسطوانة والتأكد انه محكم الربط .

٤. يجب ان تكون اسطوانات الكلور مربوطة بسلسلة متينة اثناء تخزينها او نقلها حتي لا تصطدم ببعضها .

٥. اذا لاحظت او شعرت برائحة الكلور فلا تدخل غرفة الكلور.

٦. زود الفنيون بتعليمات واضحة عن السلامة وأمن لهم المعدات الضرورية في هذا المجال.

٧. حضر خطط لإخلاء المكان في حال انتشار غاز الكلور واعتمد فوراً مسارب تصاعدية.

٨. لا تخزن ابدأ مواد قابلة للاشتعال في المكان مع الكلور.

٩. لا تعرض اسطوانات غاز الكلور الى حرارة مباشرة.

١٠. لا تقم بأعمال تلحيم لمواسير فيها غاز الكلور.

١١. قم بتجهيز حمام دش مجهز بغسول للعيون قرب مكان التخزين

١٢. تأكد من وجود معدات الصيانة الطارئة والعاجلة Repair Kit لاسطوانات الغاز .

١٣. في حال وجود تسرب للغاز تذكر ان يقوم شخصان مجهزان باللوازم بأعمال الصيانة.

١٤. احفظ اجهزة التنفس خارج مستودع الكلور.

١٥. احذر رش مياه على عبوات الكلور التي تسرب فإن ذلك سيجعل الامر اكثر سوءاً.

١٦. قبل الدخول الى مكان حفظ الكلور خذ نفساً بسيطاً للتأكد من عدم وجود رائحة تسرب.

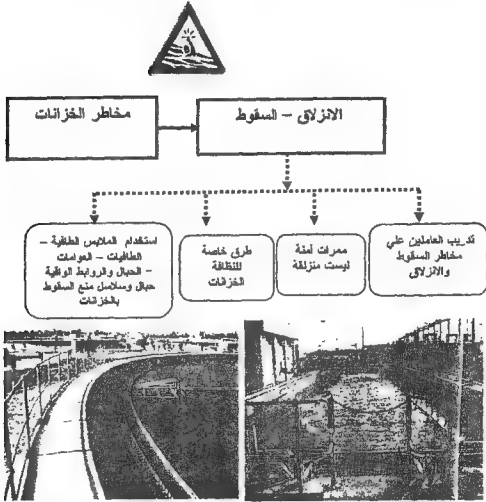
٨-٦. مخاطر الخزانات

مشاريع معالجة الصرف الصحي والصناعي تحتوي علي كثير من الخزانات والاحواض مثل احواض التهوية وخزانات الترسيب الابتدائي والثانوي واحواض حجز الرمال والدهون وهذه الخزانات غالباً ما تكون دائرية أو مستطيلة الشكل . ولهذا يجب التعامل في تلك المناطق بمنتهي الحذر والحرص لتفادي خطر الانزلاق والسقوط . فعمليات تنظيف وغسل الاحواض والخزانات لابد ان تتم بطرق خاصة وخاصة اثناء امتلائها بالمياه كما يجب توفير معرات امانة ومعدات للوقاية من خطر الانزلاق والسقوط.

(من الجدير بالذكر ان حوض التهوية من اخطر الاحواض التي يجب الحرص في التعامل معها فحوض التهوية يحتوي علي تركيزات من الاكسجين الذائب نتيجة للتهوية وبالتالي فكتافة الماء به تكون اقل من كثافة الماء العادي لان فقاعات الهواء تعمل علي انخفاض كثافة الماء وبالتالي فاي شخص يتعرض للسقوط داخل حوض التهوية اثناء تشغيله وامتلاءه بالماء فانه لن يستطيع الطفو وسوف يغوص داخل الحوض الي العمق مما يعرضه لخطورة الموت لذا يجب الحذر جدا عند التعامل

مع حوض التهوية .)

والشكل التالي يبين مخاطر الخزانات وكيفية الوقاية منها وتغاديها.



شكل ٨-٦ مخاطر الخزانات وكيفية الوقاية منها وتغاديها

٨-٧. مخاطر الكهرباء

ترجع خطورة الكهرباء في انها قد تسبب بالموت للعاملين داخل المشروعات أو المصانع ، ومحطات معالجة الصرف الصحي بها الكثير من المعدات الكهربائية والمعدات الميكانيكية التي تدار بالكهرباء مثل الأنواع المختلفة من المضخات والروافع والواح التحكم الكهربائية وجميع الاحواض تدار معداتها ووحداتها بالكهرباء

الكهرباء تقتل أو تصيب الآلاف سنويا وبعض الوقايات التى تحدث بسبب الصعق بالكهرباء لا تكتشف لأنها تصنف خطأ على أنها سكتة قلبية. التيار المنخفض، كذلك الموجود فى بيتك إذا مر خلال الصدر سيجعل قلبك يتوقف. حتى الصدمة الكهربائية التى لا تؤذيك لضعفها يمكن أن تكون خطيرة كذلك. الصدمات الضعيفة قد تؤدى لانقباض عضلى لا ارادى قد يتسبب مثلا فى سقوطك من أعلى سلم أو اصطدامك بألة متحركة. حتى تتجنب مصادر الصعق بالكهرباء من المهم أن تفهم كيفية حدوثها.

تمر الكهرباء فى دوائر مغلقة وطريقها المعتاد هو من خلال موصل للكهرباء. الصاعقة الكهربائية تصيبك عندما يصبح جسمك جزءا من الدائرة الكهربائية. يجب أن يدخل التيار جسمك من مكان ويخرج من مكان آخر. تحدث الصاعقة بأحد ثلاثة أشكال: أن تتصل بطرفى الدائرة الكهربائية أو أن تتصل بطرف الدائرة المكهرب وبالأرض أو أن تتصل بجزء معدنى سخن نتيجة اتصاله بسلك مكهرب وفى نفس الوقت تكون متصلا بالأرض.

بعض المخاطر:

- قد يصعق الفرد اذا لمس بعض الأسلاك العارية، ينبغى اصلاح أى كسر فى المعدة
- الأسلاك العارية فى لوحة الكهرباء تمثل خطرا كبيرا، عدم وجود غطاء كاف للوحات توزيع الكهرباء هو لحدى أهم مخالفات قانون الحماية ضد الكهرباء.
- جميع المعدات الكهربائية وكذلك الغرف والملحقات يجب أن تكون تحت الحراسة
- لا يركب قابس ذى ثلاثة أقطاب مع قابس ذو قطبين حتى وإن كان هذا ممكنا. قد تعمل المعدة ولكنها تشكل خطرا كبيرا.
- ينبغى ألا تقوم باصلاح وصيانة أية معدة متصلة بالكهرباء دون فصلها وتمييزها بعلامة، يجب غلق الماكينات وفصلها عن الكهرباء وأداة عزل الطاقة

يجب أن تغلق أو تميز

- تسلق سلم بالقرب من سلك كهرباء قد يكون خطأ يكلفك حياتك، ان لمس السلم سلك الكهرباء يمكن أن ينقل التيار من خلال جسم المتسلق ويكون دائرة مغلقة من خلال الأرض. يجب أن تضع جميع المعدات بما فيها الروافه والأوناش على بعد ١٠ أقدام على الأقل من الأسلاك.

لا تتعجل للانتهاء من عمل ما فتجاوز قليلا وتجاوز فالأمر لا يحتاج سوى لخطأ واحد لتتلقى صدمة عمرك.

السلامة مع اللحام بالكهرباء

اللحام عمل آمن ما دمت تتبع إجراءات الوقاية. اللحام الآمن يصنف الى ثلاثة أقسام: الدخان، الشرر والصدمات الكهربائية. الدخان والغازات تضر بصحتك والشرر قد يؤذى العينين ويحرق الجلد والصدمة الكهربائية قد تمييت.

-اقرأ تعليمات الجهة المصنعة واستوعبها واتبع إجراءات تأمين السلامة بشركتك أبعد رأسك عن الدخان. استخدم ماسورة عادم طويلة بمعدة اللحام بحيث تبعد الدخان والغازات عن منطقة تنفسك والمكان بوجه عام. ارتد أجهزة الوقاية المناسبة لعينيك وأذنيك وجسمك. لا تلمس الأجهزة التي تتصل بها الكهرباء.

ظل الناس لسنوات طويلة يقومون بأعمال اللحام دون ادراك مخاطرها الكثيرة فالأبحاث المكثفة أثبتت تأثير الأبخرة والغازات على جسم الإنسان. أبخرة اللحام تحتوى على شوائب بها كميات من مساحيق المعادن والأكاسيد. والمواد المغطية للكقطاب المعدنية.

-ابعد رأسك عن مسار الأبخرة مواسير العادم والمراوح وطاردات الهواء تستخدم فى التخلص من الأبخرة فاحترس من دفعها الى منطقة تنفسك.

هناك حدود قانونية لأبخرة اللحام المسموح بها فى الهواء المحيط بعامل اللحام

فينبغي اقلال هذه الأبخرة الى نسبة معقولة أو التخلص منها تماما متى أمكن. ولكن أهم شئ يتوقف عليك انت وهو أن تبعد رأسك عن الأبخرة بالإضافة الى الأبخرة التى تحمل شوائب، هناك أبخرة محملة بالغازات مع دخان اللحم.

-أكسيد النترات يسبب مشاكل مع معدات الأكسي أسيتيلين* ولكنه ينتج عن اللحم المغطى للمعادن. أكسيد النترات يسبب التهابا بالعينين والأنف والحنجرة والتعرض لأكسيد النترات يسبب الدوار وفقدان الوعى، ينصح باستخدام ماسورة عادم للسيطرة على الغاز.

-الأوزون: انه خطر حتى ولو بكميات ضئيلة ويمثل مشكلة فى استخدام الأرجون كغاز واق فى لحام التتجستين أو المعادن، الأوزون يلهب العينين والأغشية المخاطية ويمكن أن يسبب جلطات رئوية وأمراضا تنفسية مزمنة ينصح بشدة باستخدام جهاز موضعى لطرد الأبخرة.

-أول أكسيد الكربون قد يكون مشكلة. عند استخدام ثانى أكسيد الكربون فى لحام المعادن ربما ينتج أيضا عن الاحتراق الجزئى للمواد الخارجية مثل مواد الطلاء والشحم.

-تجنب أبخرة المعادن وبخاصة الكروميوم والنيكل لأنها تؤدى الى تليف الرئتين ومشاكل صحية أخرى. احرص دائما على استخدام تهوية جيدة أو أجهزة تنفس عند لحام الصلب الذى لا يصدأ.

الكادميوم: معدن شديد الخطورة اذ يمكنه اىذاء الرئتين والكليتين والبروستاتا والدم، لا نقم بلحام الأشياء المغطاة بطبقة كادميوم بدون تعليمات واضحة من ملاحظ العمال. مزيج المعادن النحاسية مثل باج ١ به كادميوم ويحتاج تهوية جيدة أثناء استعماله.

المنجنيز، النحاس، البريليوم ومركبات الفلورين والفناديوم أيضا أبخرة خطيرة. شرر اللحم قد يؤذى عينيك ويحرق جارك يقوم بهذا أجزاء الضوء التى لا تراها

أصلاً، ألوان طيف الضوء الخارج من ماكينة اللحام تتوقف على الأمبير وعلى الطريقة المستخدمة وتتراوح ما بين الأشعة تحت الحمراء إلى الضوء المرئي إلى الأشعة فوق البنفسجية وهذه الأجزاء غير المرئية من الضوء كالأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء هي أشدها خطورة.

-هل تساءلت يوماً لماذا تحرق الشمس جلدك، السبب هو الأشعة فوق البنفسجية. بعض الغازات كثنائي أكسيد الكربون لها تأثير بالغ على ترشيح الأشعة فوق البنفسجية ولكن الأرجون لا تأثير له على الحد من اخراج الأشعة فوق البنفسجية لذا تزداد الخطورة عند استخدام غاز الأرجون عن استخدام ثاني أكسيد الكربون. ينتج ثاني أكسيد الكربون عن العديد من طليات الأقطاب الكهربائية، بعض طليات الأقطاب الكهربائية تعمل كواقٍ وتقلل من الاشعاع المباشر للأشعة فوق البنفسجية ولكن الأشعة فوق البنفسجية الخارجة أثناء عمليات اللحام المغطى شديدة الخطورة، تأكد من وقاية عينيك بظل غامق مناسب للأمبير وللأسلوب الذي تستخدمه، ان لم يرحك الظل الموصى باستعماله استخدم ظلاً أعمق وليس أفتح.

العدسات المرشحة تنقسم إلى ثلاثة أنواع: المصنوعة من زجاج أو بلاستيك أو المطلية بالذهب ليستعملها رواد الفضاء في الفضاء، عندما تستخدم العدسة المطلية بالذهب تأكد من سلامة الطلية كذلك يجب ألا تكون بالعدسات شقوق يمكنها ترسيب الأشعة فوق البنفسجية. لن تشعر بالألم الحقيقي الا عندما تحترق عينيك بشدة بسبب اللحام وربما تجد نفسك مصاباً بعاهة مستديمة. شرر اللحام يصيب الجلد كما يصيب العينين لذا احم نفسك جيداً. يفضل استخدام الألوان الغامقة لملابس اللحام واستخدام الأقمشة التي تعكس بقدر ضئيل. للحام باستخدام التيجستين وارتداء واق من الأرجون وأنت ترتدى معطفاً أبيض قد يصبح كالنوم تحت مصباح ملتهب. النسيج الأبيض الذي يكون عادة منشى سيعكس الضوء تحت المظلة ويسبب حرقاً شديدة على أجزاء من عنقك وحجرتك، تجنب هذا بارتداء الخوذة والألوان

المناسبة. يجب عدم تعريض الجلد العارى أثناء اللحام، ان تجاهلت هذا التحذير فستصاب بحروق شديدة يتوقف مدى شدتها على العملية والأمبير المستخدم. يجب أيضا أن تكون على دراية بالخطورة التي يمثلها الشرر للمحيطين بك، اعمل دائما فى وجود حواجز بينك وبين الآخرين فشرر اللحام يؤذى حتى على مسافة ٥٠ قدما.

الصدمة الكهربائية قد تمت، فى عمليات اللحام للكهربى تبدأ الدائرة الكهربائية من مصدر كهرباء وتنتهى فى الأرض من خلال كابل يعود الى مصدر الكهرباء. عندما تقوم بأعمال اللحام فى قطبية مستقيمة تتساب الكهرباء من القطب الكهربى الى مكان اللحام وفى القطبية العكسية تتساب فى الاتجاه العكسى وفى الحالتين يجب أن يعود التيار للأرض حتى يكمل الدائرة وسيعود للأرض من خلال أسهل الطرق المتاحة. جزء مهم من عملك هو أن تحرص على ألا تكون جزءا من الدائرة، ان كان أسهل الطرق للأرض هو جسمك فسيغذخه التيار على الفور. أولا تأكد من صحة عمل التوصيلات الكهربائية ومن توصيل الأرضى طبقا للمعايير الكهربائية المحلية، ثم تأكد من أن أسلاك الدائرة الأرضية كبيرة بحيث تكفى لحمل التيار. كلما كان الكابل كبيرا قلت مقاومته للتيار. تأكد من أن الكابل بحالة جيدة ومن عدم وجود شقوق فى الغطاء الخارجى وتأكد من توصيله بأمان الى أرض مناسبة، هذا هو الطريق الذى للتيار أن يسلكه.

عادة يتم العمل فى اتصال مباشر مع الأرض وسيكون هناك طريق آخر آمن للتيار. إن لم يكن للشئ الذى يتم لحامه أرضية جيدة يجب أن يعمل له أرضية خاصة بالإضافة إلى التبريد الأرضى الخاص بماكينه اللحام. تأكد من استخدامك لكابلات جيدة والتوصيلات التى تتفق مع المعايير الكهربائية المحلية.

احم نفسك من الخطر، لا تلمس أى معدن موصل للكهرباء مثل حامل الأقطاب الكهربائية أو مخارج ماكينه اللحام. يجب أن يكون حامل الأقطاب معزولا جيدا

والحالة جيدة. عزل الكابلات يجب أن يكون سليماً بلا شقوق. يجب أن تكون أغشية
المخارج والتوصيلات الكهربائية الخاصة بملبنة اللحام في مكانها الصحيح.
يجب أن يغطي جسمك وألا يكون أى جزء من جلده مكشوفاً، استخدم دائماً
القفازات المصممة للحام وبنبغي ألا يكون بها ثغوب أو زيوت أو شحوم ومن المهم
أن تكون جافة إذ أن الماء موصل جيد للكهرباء. تذكر ذلك أثناء عملك. انتبه جيداً
لأنه لا تتصل ملابس مبللة بالتيار وجنب نفسك أن تصبح ممراً إلى الأرض بأن تضع
مادة عازلة جافة تحتك، هذا مهم بوجه خاص في وضع الجلوس وبخاصة عند
عملك داخل الهياكل أو البواخر. ينبغي فقط استخدام ملبينات اللحام المصممة طبقاً
لمعايير التيار الآمن للدوائر المفتوحة. في معظم الحالات يكون الحد الأقصى ٨٠
فولت في حالة عدم التحميل.

ينبغي أن تحذر لأن امكانية الحدوث ممكنة ولكن صدمة من ٨٠ فولت لن تقتلك،
هناك طريقاً تصنع بها موقفاً خطيراً تحذر بشدة ضدها وهي: أنك لتكون بمأمن
ينبغي ألا تستخدم أرضاً مشتركة عند استخدامك قطبين مختلفين بنفس الهيكل.
استخدام قطبين متباينين على نفس الأرض يحدث كثيراً في أعمال اللحام بمواقع
البناء ويسمح باستخدام الأقطاب الكهربائية التي تحتاج لقطبية معكوسة ومستقيمة
بنفس العمل ولكن لا ينبغي أن تستخدم في نفس الوقت.

يجب أن توصل جميع الملبينات بنفس الفأزة الخاصة بالتيار المغذى وبنفس القطبية
بعضها ألا تستخدم التيار المتردد والمبشر بنفس الهيكل في نفس الوقت. إذا
استخدم عامل اللحام بمصدرى كهرباء (٨٠- و ٨٠+) فولت) ستكون النتيجة أن
الفولت الصادر من خلال عامل اللحام سيزداد بدرجة خطر إذا هذه التحذيرات مهمة
بشكل خاص. عندما يستخدم عامل اللحام بمصدرى كهرباء خارجيين من ملبتين
مختلفتين في ذات الوقت، كما قلنا ٨٠ فولت لن تقتلك ولكن يصبح العمل مهملياً،
أن الصدمة الكهربائية من ٨٠ فولت تكفى لأصابك بانقباضات عضلية ولن كنت تقف

بمكان خاطئ عند حدوث ذلك فربما تسقط سقطة فظيعة.

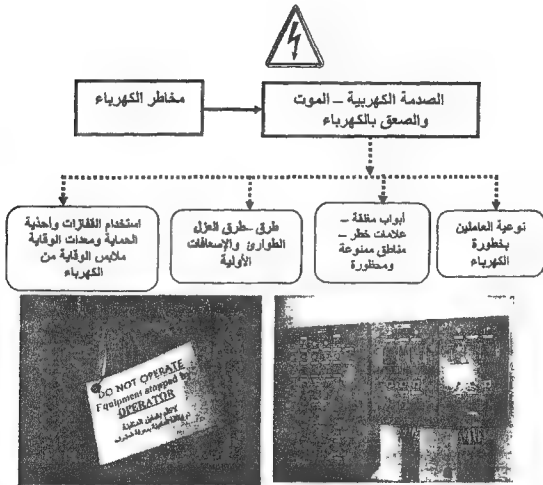
قلل من احتمالات حدوث حادث لك، لا تقم أبدا بلف الأسلاك حول جسدك فربما تصاب بصدمة كهربية من خلال شق لم تلحظه في عازل السلك. تيقن من أن حامل الأقطاب الكهربائية كبير بما يكفي للقطب الكهربى لتجنب سخونة الزائدة وان زادت سخونة الحامل بالفعل لا تبرده بوضعه فى الماء أبدا وأيضا لا تترك القطب الكهربى بحامل مكهرب عندما تكون ماكينة اللحم بعيدة عن ملاحظتك.

مع كل الحرارة التى تولدها عمليات اللحم لا يدهشنا أن اللحم يجب أن يحذر الحرائق فيجب أن تكون طفاية الحريق فى متناولك وأن تعرف كيف تستخدمها. لا تقم باللحم فى مسافة نقل عن ٣٥ قدما من المواد القابلة للاشتعال، ان لم تستطع تجنب ذلك وكان هناك احتمال لنشوب حريق كبير يلزم وجود حارس حريق وهو شخص يراقب الموقف ويطلق انذار الحريق. تذكر أنك ترتدى واقيا غامقا وأنتك مشغول، قد لا ترى الحريق حتى يفوت أولان عمل أى شئ.

كن دائما واعيا بالمحيط الذى تلحم فيه فقد تكون أبخرة متفجرة. أحيانا المقدار الصحيح من الغبار الصحيح فى الهواء كالدقيق قد يؤدى لانفجار ان قدمت أنت الشرارة. عند قيامك باللحم بمنطقة مغلقة فاجذر خصيصا من الأبخرة تيقن من وجود تهوية كافية فى الأماكن المغلقة، تأكد من وجود غطاء عازل تحسك سواء تعرف هذا أم لا، بدون هذا الغطاء تقف على الجسم اللحم نفسه ويمكن أن تصبح طرفا فى الدائرة الكهربائية. عندما يضطر اللحم لدخول مكان ضيق من خلال فتحة صغيرة. تحتم لوائح السلامة أن تكون هناك وسيلة لإخراجه فى الطوارئ. فى حالة استخدام حبل وحامل لهذا الغرض يجب أن يكونا موجودين بحيث لا ينحسر جسم اللحم فى فتحة صغيرة.

أكثر الحوادث تكرارا التى يواجهها للحام هى الإصابة بحروق بسيطة أو شديدة وهى تؤلم بشدة. تذكر أن تغطى الجلد العارى وأن تتعامل بحرص مع المواد الساخنة.

والشكل التالي يبين مخاطر الكهرباء وكيفية الوقاية منها وتفاديها .



شكل ٨-٧ مخاطر الكهرباء وكيفية الوقاية منها وتفاديها

الخلاصة والتوصيات

تحتل المعالجة الفعالة لمياه الصرف الصحي أهمية كبيرة بالنسبة للبيئة والصحة العامة . وقد أنشأت أنشطة البحث الواسعة في هذا المجال إلى تطوير وتنويع وسائل وأساليب معالجة مياه الصرف وإدارة الحمأة، وتضمنت هذه الدراسة وصفاً لعدد من التكنولوجيات المستعملة غالباً في معالجة مياه الصرف والمعادلات المعتمدة لتحديد كفاءة التشغيل بالمحطة مع عرض موجز لتطبيقات الأجهزة الدقيقة والضبط في تشغيل ومراقبة عمليات المعالجة في المحطات.

ومؤخراً، أعطيت إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة أهمية متزايدة، باعتبارها وحدة أساسية في إدارة الطلب على المياه وبينما يمارس عدد من دول العالم إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة، على الحكومات أن تتعامل مع إعادة استخدام المياه المعالجة باعتبارها جزءاً من استراتيجية متكاملة لإدارة المياه، على مستوى العالم، مع تنسيق متعدد التخصصات بين مختلف القطاعات، ومنها البيئة والصحة والصناعة والزراعة والشؤون البلدية . وفي هذا السياق، غالباً ما ترتبط مخاطر الصحة العامة بإعادة استخدام مياه الصرف المعالجة

ولذلك من الأهمية بمكان نشر المعلومات حول مخاطر إعادة استخدام مياه الصرف غير المعالجة ووضع أسس حول الاستخدام الآمن، والأهم أنه على الحكومات ضبط نوعية المياه الخارجة من محطات المعالجة، وأساليب إعادة الاستخدام، والصحة العامة، ونوعية المياه المستخدمة للمحاصيل، ونوعية التربة والمياه الجوفية.

وبغية تعزيز التطور في أساليب معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف المتبعة حالياً في الدول العربية ، ينبغي إنشاء شبكة معلومات تيسر تبادل المعلومات حول البحوث التطبيقية في مجال إدارة مياه الصرف والأساليب المناسبة لإعادة استخدامها. وينبغي أن تتحلى هذه الشبكة بمنظور شامل وأن تتناول كافة أوجه إدارة المياه ، وضمنها التكنولوجيات المناسبة والمعتولة الكلفة لجمع ومعالجة وصرف المياه، بالإضافة إلى

قضايا التنظيم والضبط الأساسية لإدارة المياه العادمة . وينبغي أن تكون هذه الشبكة أيضاً قادرة على تنفيذ عدة أنشطة، منها تلخيص ونشر معلومات وبحوث حول هذا المجال؛ وحفظ معلومات حديثة حول أنشطة البحث والدراسات والمشاريع التي يضطلع بها أعضاء الشبكة؛ وتقديم معلومات حول برامج التدريب المتاحة في هذا المجال؛ والتجاوب مع طلب المعلومات من أعضاء الشبكة؛ وتنظيم منتديات على الخط للنقاش بين أعضاء الشبكة؛ وحفظ وتوسيع المعلومات حول إدارة مياه الصرف. وينبغي توجيه بعض الجهود نحو توفير البيانات حول تكاليف معالجة مياه الصرف في المنطقة العربية. ويمكن الحصول على هذه البيانات بإجراء مسح ميداني لمنشآت معالجة مياه الصرف العاملة في بلدان مختارة، لا سيما وأن تكاليف المعالجة الفعلية تتأثر كثيراً بخصائص الموقع وظروف البلد . ومن الممكن الحصول على تقديرات تكاليف المعالجة باستخدام تكنولوجيات متقدمة) كالتناضح العكسي والترشيح الميكروي والترشيح الفائق وغيرها وذلك عن طريق وحدات المعالجة في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية، لأن هذه التكنولوجيات نادرة الاستخدام في محطات المعالجة البلدية في البلدان العربية.

قاموس
المصطلحات العلمية

A

الحماة المنشطة Activated Sludge

هو اصطلاح يطلق على مجموعة الكائنات الدقيقة الحية التي تربي بالميكروسكوب وموجودة في الطبيعة ، وتكون في حالة نشطة فعالة ، ويطلق على طريقة المعالجة البيولوجية التي تعتمد على تلك الكائنات في المعالجة طريقة المعالجة بالحماة والتي تعد من أشهر طرق المعالجة للبيولوجية على الإطلاق .

والحماة المنشطة لها القدرة على استهلاك المواد العضوية كغذاء سواء كانت هذه المواد عالقة او ذائبة في مياه المجاري .

الامتزاز (الامصاص) Adsorption

هو احد الخواص الفيزيائية للمواد ، حيث تنتشر المواد القابلة للامتزاز على سطح المادة المازة ، وهي احدي الطرق المتقدمة لمعالجة المخلفات والملوثات بغرض ازالة بعض المواد العضوية من المياه أو الهواء باستخدام مادة نشطة سطحيا مثل الكربون المنشط .

هوائي (Aerobic)

كان حي قادر على العيش بوجود الأكسجين فقط، أو عملية تحدث فقط بوجود أكسجين جزيئي في الهواء أو أكسجين مذاب في الماء .

البكتريا الهوائية Aerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تربي فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط في وجود الأكسجين ويمتنع نموها في غيابها ، ومن مميزات هذه البكتريا انها تتغذى على المواد العضوية وتحللها الى غاز ثاني أكسيد الكربون وماء ونواتج اخري غير ضارة واشهر هذه الأنواع من البكتريا Bacillus thermoliquifaciens, Pseudomonas delphini, non pathogenic Mycobacteria

الطحالب Algae

الطحالب كائنات اما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد على غذائها على ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي ، وللطحالب دور هام في المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة في بحيرات الأكسدة تقوم بانتاج الأكسجين من خلال عملية

البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار، وتقوم البكتيريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة .

البكتيريا اللاهوائية Anaerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تربي فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط في غياب الأكسجين ويمتنع نموها في وجوده، وقد تقتل هذه البكتيريا إذا تطرق الأكسجين الي بيئتها ، وتتميز هذه البكتيريا أنها تتغذي علي المواد العضوية في عدم وجود الأكسجين الذائب وتحللها الي غازات متعفنة وسامة وقابلة للاشتعال مثل غازات كبريتيد الهيدروجين والميثان والأمونيا ومجموعة اخري من الغازات المتعفنة والسامة.

B

البكتيريا Bacteria

وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية ، يتكاثر معظم انواعها بالانقسام الثنائي ، وبالرغم من ذلك هناك أنواع من البكتيريا تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو بالتفرع .وحتى الان يوجد الاف الأنواع من البكتيريا موجودة في الطبيعة ، وعموما يندرج معظمها تحت ثلاث أنواع رئيسية تبعاً لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية الشكل) والحلزونية (اللولبية). وتعد البكتيريا من أكثر الكائنات الممرضة في المياه الملوثة بمياه الصرف الصحي أو الصناعي وذلك لان اعدادها في السنتمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وانواعها بالالاف ، كما ان للبكتيريا دور هام واساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي .

المخاطر البيولوجية Biological Hazards

وهي المخاطر ذات المنشأ البيولوجي وتتمثل العوامل البيولوجية الخطرة في مسببات الامراض المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام او المياه المعالجة او الحماة المنتجة من المحطات ، ومسببات الامراض هي غالبا الكائنات الحية الدقيقة الممرضة والتي تشمل البكتيريا والفيرومات والطفيليات والديدان.

عمليات المعالجة البيولوجية Biological Treatment Processes

وهي طرق و عمليات المعالجة التي يتم فيها التخلص من الملوثات في المخلفات السائلة وذلك بفعل نشاط الكائنات الحية الدقيقة الميكرومكبوية (Microorganisms). وتختص هذه المعالجة البيولوجية بإزالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا عن طريق البكتيريا سواء كانت هذه المواد العضوية غروية أو ذائبة في مياه المجاري. وينتج من المعالجة البيولوجية غازات كنواتج نهائية والتي تنطلق الى الهواء الجوي ونواتج أخرى تدخل الى خلايا الكائنات الدقيقة ومن ثم يسهل ترسيبها بعد ذلك .

الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand BOD

يعتبر الأكسجين الحيوي المستهلك من أهم الاختبارات التي تحدد كفاءة المعالجة البيولوجية ، فقيمة الأكسجين الحيوي المستهلك تحدد بدقة قيمة الحمل العضوي الموجود في المياه (مقدار التلوث العضوي) ، ويعرف الأكسجين الحيوي المستهلك بأنه كمية الأكسجين الذي تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ويقدر بالمليجرام لكل لتر .

C

النظام المركزي لمعالجة مياه الصرف Central Wastewater Treatment System

هو مجموعة أو نظام معالجة لمياه الصرف الصناعي بحيث يتكون من شبكة تجميع ومنشأة معالجة مركزية . وتستخدم الأنظمة المركزية لتجميع ومعالجة مياه الصرف الناتجة من مجتمعات عديدة مختلفة.

الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand COD

ويعرف الأكسجين الكيميائي المستهلك بأنه كمية الأكسجين المطلوبة لأكسدة وتكسير المواد العضوية بالتفاعل الكيميائي .

ولهذا فإن الأكسجين الكيميائي المستهلك يعتبر قياس للمواد العضوية (القابلة للتحلل والأكسدة بيولوجيا وغير القابلة للتحلل بيولوجيا) ، لذلك فقيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك أكبر أو تساوي الأكسجين الحيوي المستهلك.

الترسيب الكيميائي Chemical Precipitation

الترسيب الكيميائي هو احد عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف وتتكون عملية الترسيب الكيميائي لمعالجة مياه الصرف من إضافة الكيماويات التي من شأنها تغيير الحالة الفيزيائية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل عملية التخلص من هذه المواد عن طريق الترسيب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التغيير طفيفا وتأثر عملية التخلص سلبا بسبب حبس هذه المواد في كتلة مترسبة كبيرة للحجم يتكون معظمها من المادة الكيميائية نفسها. ومن نتائج هذه الإضافات الكيميائية أيضا زيادة نسبة المواد الذائبة في مياه الصرف. في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائي تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي وBOD من المياه.

تفاعل كيميائي Chemical Reaction

تغير يطرأ على المواد ، ويشمل تكسير روابط وإعادة تكوين روابط كيميائية وتترتب فيها الذرات بطريقة ينتج عنها مواد جديدة تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة.

عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

وهي طرق وعمليات المعالجة التي يتم فيها إزالة أو تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق إضافة الكيماويات أو عن طريق التفاعلات الكيميائية ، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائي والاندصاص والتطهير وهذه العمليات من أكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصحي.

الكلورة Chlorination

تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور أو مركباته ، كأحد أكثر الطرق شيوعا في تطهير مياه الصرف الصحي أو الصرف الصناعي أو مياه الشرب .

الترويب Coagulation

الترويب هي عملية يتم فيها إضافة مواد كيميائية (مروبات) إلى المياه التي تحتوي على مواد عالقة كالجزيئات والبكتيريا وجزيئات الطمي وجميعها تحمل شحنات كهربائية سالبة على سطحها. وعندما تتفاعل المروبات مع المياه تكون ما يعرف "بالندف" تلتصق بها المواد العالقة التي تحمل شحنة سالبة فتزداد حجما ووزنا وبذلك يمكن ترسيبها بسهولة في أحواض الترسيب وفي وقت وجيز.

المواد الغروية Colloidal matter

وهي جزء من المواد الصلبة يعرف بالمواد الغروية وهذه المواد تنتج من مخلفات المجازر والدهون والزيوت الذائبة في الماء وتسبب عكارة في الماء والمواد الغروية لا يمكن فصلها بالطرق الطبيعية مثل الترشيح أو الطرق الميكانيكية .

الكلور المتبقي المتحد Combined Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في الماء على هيئة مركبات للكلور مع الأمونيا التي توجد أصلا في الماء أو تضاف الي الماء قبل إضافة الكلور .

الكم Composting

عملية محكمة لتثبيت المواد العضوية بالطريقة الهوائية (في وجود البكتيريا الهوائية) لينتج الكمورات وهي أسمدة عضوية تستخدم في تخصيب الأراضي الزراعية. وتتم عملية الكمر للمخلفات الصلبة (القمامة) والمخلفات الزراعية والمخلفات الحيوانية (الروث) وبعض انواع حمأة الصرف الصحي . ويعد الكمر من الطرق المتبعة في كثير من البلدان لإعادة استخدام الجزء العضوي من القمامة كسماد، وتتوقف نوعية المنتج النهائي على كفاءة الفصل النوعي للمخلفات العضوية وتمازج نضوج الكمورات.

D

نزع الكلور Dechlorination

إزالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة

عملية التطهير Disinfection

التطهير هو التدمير والقتل النوعي المنتخب للكائنات المسببة للأمراض، والمياه المعالجة الناتجة من محطات تنقية الصرف الصحي بها العديد من الكائنات الممرضة ولهذا يلزم تطهيرها قبل صرفها وإعادة استخدامها
وتتم عملية التطهير بإضافة جرعة الكلور اللازمة الي المياه خلال غرفة التلامس في مدة مكث تتراوح بين ٢٠ الي ٣٠ دقيقة .

نظام الطفو الهوائي المذاب (DAF) Dissolved Air Flootation

هو أحد طرق المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف وفي هذا النظام يتم ملاصقة الهواء لمياه الصرف تحت ضغط عال مما يؤدي إلى إذابة الهواء. ويتم خفض الضغط على سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقائيع هواء تملأ حجم الميكرون تزيل المواد العالقة والزيوت من مجرى المياه الملوثة وإلى سطح الوحدة. ويتم كشط الرغوة من سطح المياه بعد المعالجة.

لأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

يحتوي الهواء الجوي على حوالي ٢٠ في المائة من حجمه على غاز الأكسجين، وعند احتكاك الماء بالهواء فإن نسبة من ذلك الأكسجين تنوب في الماء ويعرف بالأكسجين الذائب ، وللاكسجين الذائب أهمية كبرى في حياة الكائنات المائية ، إذا تستخلص كثير من الكائنات الأكسجين الذائب من المياه .

E

الإثراء الغذائي (Eutrophication)

ظاهرة تحدث في مسطحات المياه تنمو فيها الطحالب والنباتات العالقة بشكل كثيف بحيث يصبح المسطح المائي مغطى تماماً بهذه النباتات ويبدو وكأنه جزء من اليابسة. يحدث التخثر عادة لزيادة تركيز مركبات النيتروجين والفسفور (غالباً نتيجة لتصرفات ملوثة من الصرف الصحي والصناعي بها أحمال عالية من هذه المركبات) في الماء والتي تشكل العناصر الغذائية للنبات مما يترتب عليه ذلك النمو الكثيف للحياة النباتية. ينتج عن التخثر العديد من الأضرار البيئية منها منع وصول الضوء إلى الماء مما يترتب عليه موت للنباتات الموجودة في القاع ويعمل ذلك على اختلال التوازن الحيوي في المسطح المائي المصاب.

F

الترشيح Filtration

هو الإزالة المادية للمواد الصلبة العالقة من المياه (أو الهواء) بتمريرها أو تمريره خلال مادة مسامية تسمى وسط الترشيح.

الكور المتبقي الحر Free Residual Chlorine

وهو الكور الذي يوجد في المياه على صورة حرة على هيئة حمض الهيبوكلوريس والذي ينتج من تفاعل الكور مع الماء.

الفطريات Fungi

الفطريات كائنات متعددة الخلايا وليست كائنات ضوئية (لا تحصل على غذائها من عملية البناء الضوئي) ، وتتكاثر الفطريات بثلاث طرق بالتكاثر الجنسي أو اللاجنسي (بالانقسام وبالتفرع) أو بالابواغ معظم الفطريات كائنات هوائية تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ولها القدرة على العيش وجود نسبة رطوبة قليلة ، ويمكنها التغلب على الظروف البيئية الصعبة مثل التغير في قيمة الأس الهيدروجيني.

G

اشعة جاما Gamma Rays

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية لها قدرة عالية على النفاذ وتزداد بزيادة طاقتها سرعتها تقريبا تعادل سرعة الضوء وتُطلق أشعة جاما عندما تكون النواة في حالة طاقة عالية بعد الانحلال الإشعاعي وتستخدم أشعة جاما في تطهير حمامة الصرف الصحي في بعض البلدان الأوروبية.

H

الخطر Hazard

هو تصرف غير آمن أو ظرف غير آمن أو مزيج من الاثنين من شأنه أن يسبب إصابة أو مرضاً أو الموت أو ضرراً في الأملاك.

المعادن الثقيلة Heavy Metals

وتعرف بأنها تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء ٥ مجم /سم^٣ المكعب وهي لها تأثيرات سلبية على البيئة عند الأخطاء في استخدامها كما تؤثر على صحة الإنسان والحيوان والنبات وأن جميع هذه المعادن تشترك كثيراً في صفاتها الطبيعية الآن تفاعلاتها الكيميائية مختلفة وينطبق هذا على آثارها البيئية فبعض هذه المعادن كالزئبق والزرنيخ والكلسيوم -شئنا خطر على الصحة العامة بينما المعادن (٥٣٥)

الأخرى مثل الكروم والحديد والنحاس تقتصر أثارها على أماكن العمل الذي يحدث فيها التعرض لفترات طويلة ولهذا فهي أقل خطرا من المعادن الأخرى كالرصاص الذي زاد انتشاره في الآونة الأخيرة وأصبح موجودا بكثرة في الماء والهواء والغذاء.

I

العوامل المسببة للعدوى مسببات الأمراض Infectious agents

من أهم عوامل العدوى المنتشرة في محطات مياه الصرف الصحي والصناعي الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات والبروتوزوا (الأوليات) أو الطفيليات الأولية ، وتسبب هذه الكائنات الحية الكثير من الأمراض و فالبكتيريا مثلا تسبب مرض الكوليرا والفيروسات تسبب مرض التهاب الكبد الوبائي والبروتوزوا تسبب مرض الدوسنتاريا الأميبية .

ومن أهم الأسباب التي تؤدي إلى انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في مياه الصرف هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية إلى شبكة المجاري العامة دون تعقيم أو تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي إلى انتشار الأمراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

المواد غير العضوية Inorganic Matter

وهي المواد التي لا تدخل في تركيبها عنصر الكربون مثل الرمل والزلط والأملاح والعناصر الثقيلة وتتميز هذه المواد الغير عضوية بأنها ثابتة لا تتحلل.

L - M - N

الحماة السائلة Liquid Sludge

هي المواد المشبعة بالمياه والراسبة بقاع الحوض وكمية الحماة السائلة تقدر بما لا يزيد عن ١ % من كمية مياه الصرف الداخلية للحوض.

الفحص الميكروسكوبي لمياه الصرف Microscopic Examination

والغرض الأساسي من هذا الفحص معرفة خواص الحماة المنشطة وأنواع الكائنات الدقيقة الموجودة ومدى سيادة وانتشار نوع عن آخر ، ولهذا يعد الفحص الميكروسكوبي للحماة المنشطة من الطرق الهامة للحكم على كفاءة المعالجة البيولوجية . ويهتم الفحص الميكروسكوبي بنقطين أساسيين :

صفات وخواص النذف المتكونة - فحص البيئة البيولوجية

الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms

هي كائنات حية نباتية أو حيوانية من الصغر بحيث يمكن رؤيتها فقط من خلال المجهر، مثل البكتيريا، والخمائر، والطحالب، وأحاديات الخلايا. وتفيد بعض الكائنات الدقيقة في حين أن البعض الآخر يشكل خطرا على صحة الإنسان. ويختلف كل نوع من هذه الكائنات الحية في التركيب والوظيفة والسلوك، ووضع الكائن الحي في المنظومة البيئية، والذي يعني به درجة تأثيره وتأثيره في البيئة من حوله ودرجة أهميته أو خطورة وجوده في النظام البيئي .

المسائل المخلوط لحوض التهوية Mixed Liquor

عندما تخلط الحمأة العائدة من أحوض الترسيب النهائي (النشطة) مع مياه الصرف القادمة من أحواض الترسيب الابتدائي أو من وحدات المعالجة الأولية، يتم تسمية المياه التي تحتويها حوض التهوية بالمسائل المخلوط .

الإنتشاح الغشائي الطبيعي (الاسموزية الطبيعية) Natural Osmosis

العملية التي من خلالها يمر الماء من غشاء شبه نفاذ من منطقة ذات تركيز أعلى للمياه (مثل المحلول الأخف تركيزا) إلى منطقة تركيز مياه أقل (مثل محلولاً أكثر تركيزاً).

الملوثات الطبيعية Natural Pollutants

هي الملوثات التي لا يتدخل الإنسان في إحداثها، مثل الغازات والأبخرة التي تتصاعد من البراكين أو تأثير الانفجارات الشمسية على الطقس، أو احتراق الغابات بشكل طبيعي جراء ارتفاع الحرارة، أو انتشار حبوب اللقاح في الجو أو الكائنات الحية الدقيقة الضارة

التعادل Neutralization

التعادل هو احد عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف، والغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة الصناعية - سواء كانت حمضية أو قاعدية - بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها حيث تتطلب معظم التشريعات والقوانين البيئية أن يتراوح الأس الأندروجيني بين 6- - 9 قبل الصرف النهائي. وضبط الأس الهيدروجيني من المراحل الهامة في معالجة الصرف الصناعي

حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية، فتلجأ السوائل الزائدة تؤثر بالضرر الشديد على خطوط ومواسير الصرف وكذلك على كافة العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة مياه الصرف .

النترات (NO3) Nitrate

أنيونات (أيونات سالبة) شائعة في المياه. والمصادر الشائعة للنترات هي المخصبات (الأسمدة) ، وخزانات المجاري، والمجاري التي لم تعالج أو لم تعالج بصورة كاملة. والنترات أملاح قابلة للذوبان بدرجة عالية، ولهذا يصعب إزالتها من المياه. وإذا وجدت النترات بكميات عالية في مياه الشرب، فإنها يمكن أن تؤدي إلى أعراض الدم الميثيموجلوبيني، والذي تشيع معرفته باسم مرض "الطفل الأزرق".

النترجة (أو النترت) تثبيت للنتروجين (Nitritification)

وهي العمليات البيولوجية والتي يحدث فيها تثبيت للنتروجين عن طريق تحول الأمونيا التي نيتريت ثم إلى نترات بفعل الكائنات الحية الدقيقة .

النيتروجين Nitrogen

النيتروجين عنصر موجود في الطبيعة ويمثل ٧٠ ٪ من الهواء الجوي ، وهو مكون هام للمواد العضوية النيتروجينية ، ونظرا لأهمية النيتروجين كحجر أساس في سلسلة البروتين، فإن بيانات النيتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية. إن عدم وجود النيتروجين بشكل كاف يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة. ولكي يتم التحكم في نمو الطحالب في المياه المستقبلية فإن اختزال أو إزالة النيتروجين في مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة. ويشمل النيتروجين الكلي - والمستخدم كمؤشر شائع - على العديد من المركبات مثل الأمونيا وأيون الأمونيوم والنترات والنيتريت واليوريا والنيتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات).

المغذيات مواد الأثر (الغذائي) Nutrients

وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة . من أهمها النيتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلى نمو الطحالب غير المرغوب، فيها ، وايضا

وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية .

O

Oils, Fats and Greases الزيوت والدهون والشحوم

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتا حيث لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا (تحللها يحتاج الي انزيمات خاصة) وقد تصل زيوت التشحيم الي مياه الصرف الصحي عن طريق الورش والجراجات ومحطات الوقود ، وتطفو هذه الزيوت علي سطح المياه ويبقى جزء ضئيل منها في صورة مواد راسبية تتجمع مع الحمأة .

وعموما يجب إزالة للشحوم والزيوت قبل وحدات المعالجة البيولوجية نظرا لان وجودها في احواض التهوية قد يعوق عملية تبادل الاكسجين بين الماء والهواء وقد يحدث انسداد في مواسير توزيع المياه وتوزيع الهواء .

Organic Matter المواد العضوية

وهي المواد التي يدخل في تركيبها عنصر الكربون وتحتوي ايضا علي الهيدروجين وقد تحتوي علي الأكسجين والنيتروجين ومن امثلة هذه المواد النشويات والدهون والبروتينات ، والمواد العضوية قابلة للتحلل الي مواد اخري بسيطة والي غازات بواسطة البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة.

Organic Pollutant ملوث عضوي

تركيز غير مرغوب لمركب كيميائي يتألف في معظمه من الكربون والهيدروجين. وينتج بعض تلك المركبات طبيعيا والبعض الآخر بحضر صناعيا ومن امثلة الملوثات العضوية المبيدات العضوية والدهون والمركبات النتروجينية العضوية.

P

Parasites الطفيليات

الطفيليات هي كائنات حية دقيقة تعتمد في معيشتها علي حساب كائنات اخري ومنها ما يعيش داخل جسم الانسان وهي كائنات متعددة الأشكال والأحجام والآثار هي طبقة من

الكائنات التي تشمل الاوليات (protozoa) والديدان وتنتشر كثير من انواع الطفيليات في مياه الصرف الخام ومياه السائل المخلوط لحوض التهوية في وحدات معالجة مياه الصرف البيولوجية .

وحدات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

تعتمد طرق المعالجة الفيزيائية على الخواص الطبيعية الموجودة في الطبيعة نفسها بدون تدخل الإنسان ، اي القوى المؤثرة هي قوى طبيعية التي لاحظها واكتشفها الإنسان داخل البيئة المحيطة.

وحدات المعالجة الفيزيائية هي دائما الوحدات التمهيدية والاولية لكل مشاريع معالجة المخلفات السائلة ، حيث يبدأ كل مشروع بوحدات معالجة فيزيائية كمرحلة اولي من مراحل المعالجة .

ومن أهمها التنصيف ، إزالة الرمال ، الترشيح ، الطفو ، الامصاص ، الترسيب والتناضح العكسي .

رقم (قيمة) الاس الهيدروجيني pH value

هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين في سائل ما ، وهو تعبير على تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول اي مقياس الحموضة والقلوية ، وهذه القيمة تبدأ من صفر الي ١٤ ، يعد قياس قيمة الاس الهيدروجيني من اهم الاختبارات الفيزيائية التي تجري على مياه الشرب ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي والمياه الجوفية وتأتي أهمية ذلك من ان قاعدية أو حامضية وسط المعالجة يلعب دورا هاما ويؤثر بفاعلية على جميع التفاعلات الكيميائية والطبيعية والبيولوجية خلال مراحل معالجة المياه المختلفة

المعالجة التمهيدية لمياه الصرف Preliminary Wastewater Treatment

هي المرحلة التمهيدية المبدئية التي تمر بها مياه المجاري الداخلة لمحطة التنقية ، حيث يتم فصل المواد كبيرة الحجم بواسطة حواجز وشباك ، ثم يتم تخفيض سرعة سريان تيار المجاري الي ٣٠ سنتيمتر في الثانية في قنوات حجز الرمال للسماح للحصى والرمل بالترسيب الي القاع ، وبمرار تيار من الهواء في المياه يتم فصل الزيوت والدهون بالطفو وايضا طرد معظم الغازات المتعفنة والسوائل المتطايرة التي تحملها مياه المجاري ،

وبإزالة كمية من الأكسجين في المياه يتم انعاشها لكل تصبح صالحة لمعيشة البكتريا الهوائية في المراحل القادمة من المعالجة.

المعالجة الابتدائية Primary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الابتدائي ذات لون رمادي غامق يميل للأسود وهي خفيفة لقوام كريهة الرائحة وتحتوي على مواد عضوية ذائبة وعالقة وعلى العديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات .

المعالجة الابتدائية لمياه الصرف Primary Wastewater Treatment

في المعالجة الابتدائية يتم التخلص من جزء كبير من المواد العالقة والمواد العضوية من مياه الصرف (حوالي من ٥٥ - ٦٠% من المواد الصلبة العالقة و ٣٠-٣٥ % من الأكسجين الحيوي المستهلك) . وقد يصاحب المعالجة الابتدائية وحدات معالجة فيزيائية مثل التصفية وفصل الزيوت والدهون ومن ثم فإن المعالجة الابتدائية هي معالجة مساعدة أولية للمعالجة الثانوية والمياه الناتجة عن المعالجة الابتدائية ما زالت تحتوي على كثير من المواد العضوية ويكون تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك عالي نسبيا.

الاوليات (البروتوزوا Protozoa)

البروتوزوا (الاوليات) كائنات اولية ميكروسكوبية لها القدرة على الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية اي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ، على الرغم من وجود انواع قليلة منها لاهوائية. والبروتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا اذ يتراوح حجمها بين ١٠ الى ١٠٠ ميكرون وقد تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء .

شبكة المجاري العامة Public Sewage Network

هي شبكة من خطوط المجاري والتي يتم بواسطتها تجميع ونقل مياه المجاري العامة بشكل مشترك أو منفصل مع مياه الأمطار، والهدف من شبكة المجاري العامة هو تجميع ونقل مياه الصرف إلى محطات المعالجة أو نقطة الصرف النهائية.

R

المجاري الخام Raw Sewage

هي مياه المجاري التي تصل الي محطة التنقية طازجة اي غير متعفنة ، وذلك لاحتوائها علي كمية مناسبة من الأكسجين الذائب فيها ، وتتميز هذه المجاري بسان لونها رمادي متجانس ورائحتها متزنخة مثل رائحة التراب .

المتبقيات Residues

تشمل المواد الصلبة الناتجة والمتبقية أثناء معالجة الصرف الصحي في مكونات نظام المعالجة، وتتضمن الحمأة، الفضلات، والمواد التي يجري ضخها من مصائد الشحوم، خزانات التخلل، وحدات المعالجة الهوائية، وأي مكونات أخرى لأنظمة الموقع أو التجميع.

الحمأة المعادة Return Activated Sludge

هي كمية الحمأة الثانوية التي تعاد من قاع المروقات الثانوية الي حوض التهوية ، وذلك بغرض زيادة تركيز عدد الكائنات الحية النشطة اللازمة لعملية المعالجة في حوض التهوية .

الاسموزية العكسية Reverse Osmosis

عملية الاسموزية العكسية يتم بدفع المياه تحت ضغط مرتفع وبقوة يسمح لها بتخطي الغشاء الشبه منفذ باتجاه عكسي لما يحدث في الاسموزية الطبيعية مما يؤدي الي نفاذ المياه النقية تاركة الأملاح والملوثات الاخرى مثل البكتريا والفيروسات

S

الحمأة الأمنة Safe Sludge

هي الحمأة التي يمكن تداولها واستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة ، وأمنة تماما للإنسان والحيوان ، وحتى تكون الحمأة آمنة يجب ان يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الأمنة المسموح بها ، وان يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الأمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها .

الدفن الصحي للمخلفات (Sanitary Land filling)

طريقة هندسية للتخلص من المخلفات في الأرض بطريقة لا تسمح بتلوث البيئة. ويتم الدفن الصحي للمخلفات بملء حيز معين من الأرض بهذه المخلفات وتخزينها في هذا الحيز لفترة معينة حتى يتم تحليلها إلى المواد الأولية وتصبح غير خطيرة. وتتم عملية الدفن الصحي بنشر المخلفات على الأرض ثم نكها وتغطيها في خلايا متتابعة. ويتم عادة عزل الأرض التي يتم استخدامها للدفن الصحي عن البيئة المحيطة لمنع تسرب السوائل التي تخرج من المخلفات إلى التربة المحيطة والمياه الجوفية.

الحماة الثانوية Secondary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الثانوي وهي ذات لون بني خفيفة القوام تحتوي علي كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتيريا والفيرسات والطفيليات وتسمى أيضا الحماة البيولوجية حيث انها نتجت بعد مراحل معالجة بيولوجية .

المعالجة الثانوية التقنيدية لمياه الصرف Secondary Wastewater Treatment

تعرف المعالجة الثانوية بأنها مجموعة من عمليات و وحدات المعالجة المتصلة ببعضها بهدف التخلص من نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ونسبة كبيرة من المواد العالقة الصغيرة في الحجم نسبيا والتي لم تترسب في المعالجة الابتدائية مثل أحواض الترسيب الابتدائي (حيث يمكننا ازالة أكثر من ٩٥% من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا في المعالجة الثانوية)، وأكثر من ٩٦% من المواد العالقة .

وتجمع "الحماة"، الناتجة من المراحل، التمهيدية والابتدائية والثانوية، وينقل إلى "خزان هضم الحماة". لتتولى البكتيريا تكسير المواد العضوية المعقدة، وتحولها إلى مواد أقل تعقيداً، ويصاحب هذه العملية انطلاق غاز الميثان، الذي يستخدم مصدراً للوقود. ويجمع الحماة، المتبقي من هذه العملية، ويجفف، ويستخدم كمخصبات للتربة. ويعد التطهير والتعقيم من وحدات وعمليات المعالجة الثانوية في كثير من محطات المعالجة بينما يعتبره البعض من عمليات المعالجة الثلاثية أو المتقدمة.

الترسيب Sedimentation

تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدمها الإنسان في معالجة المياه .
وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن
عمليات المعالجة الكيميائية مثل إزالة العسر والترويب . وتعتمد المرسبات في أبسط
صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها .

المواد القابلة للترسيب Settable Solids

هي المواد ثقيلة الوزن ويتم رسوبها في القاع بالجاذبية عندما تقل سرعة سريان تيار مياه
المجاري ، ويمكن تقدير كمية تلك المواد بأخذ لتر من عينة المجاري ووضعها في قمع
امهوف وبعد سكونها لمدة ساعة تقدر كميتها بالمسنتيمتر في اللتر

مياه الصرف الصحي Sewage Water

هي المياه الملوثة بفعل مواد صلبة أو غازية أو سائلة أو كائنات دقيقة نتجت أو خلفت
عن المنازل والمتاجر والمطاعم والمنشآت البلدية.

هضم الحمأة Sludge Digestion

هو التحلل البيولوجي للمواد العضوية الموجودة في الحمأة، وينتج عن هذا التحلل التحول إلى
غازات أو حدوث إسالة للحمأة وقد يكون هذا التحلل هوائيا أو لاهوائيا.

معالجة الحمأة (الرواسب الصلبة) Sludge and Residue Treatment

هناك العديد من الطرق والعمليات التي يمكن عن طريقها معالجة المخلفات السائلة وهي
تختص بمعالجة الجزء السائل منها ، ولابد من الأخذ في الاعتبار ومراعاة طرق معالجة
الحمأة الصلبة في تصميم محطات الصرف الصحي حيث ينتج من عمليات المعالجة
كميات من المواد الصلبة في صورة حمأة نشطة يجب معالجتها وتثبيتها للحصول على
مواد ثابتة يمكن الاستفادة منها كسماد أو يمكن التخلص منها بصورة آمنة بيئيا .

الحمأة Sludge

المقصود بالحمأة هو المادة الصلبة المتخلفة المترسبة الناتجة من محطات معالجة الصرف
الصحي أو الصرف الصناعي .

تثبيت المواد العضوية (Stabilization of organic matters)

عملية تحليل المواد العضوية إلى مواد أولية خاملة غير ضارة، وتتم عادة بطرق حيوية بفعل البكتيريا، والكائنات المجهرية الأخرى. ينقسم تثبيت المواد العضوية بالطرق الحيوية إلى نوعين رئيسيين، التثبيت الهوائي (في وجود الأكسجين) والتثبيت اللاهوائي (في غياب الأكسجين)، ومن تطبيقات التثبيت الحيوي للمواد العضوية معالجة الصرف الصحي ومعالجة الحمأة وعملية الكمر (Composting). ويمكن أيضاً تثبيت المواد العضوية عن طريق كيميائية باستخدام عوامل مؤكسدة.

التعقيم Sterilization

عملية التعقيم هي إزالة قتل كل الميكروبات (البكتيريا و الفيروسات والفطريات والطفيليات) بما في ذلك الأبواغ الجرثومية.

T

المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة) Tertiary Advanced Treatment

تعرف عمليات المعالجة المتقدمة بأنها درجة خاصة من درجات المعالجة والتي تلي وتتبع عمليات المعالجة التقليدية الثانوية لإزالة بعض المكونات والملوثات في مياه الصرف مثل المغذيات والمواد السامة واية معدلات عالية غير طبيعية من المواد العضوية والمواد العالقة.

وفي هذه المرحلة، يُجرى عديد من العمليات الكيماوية والفيزيائية، للتخلص من مختلف الملوثات، التي لم يُتخلص منها، في المراحل السابقة، مثل الفسفور، والنيتروجين، والمواد العضوية الذاتية، وبعض العناصر السامة. وينتج من هذه المرحلة ماء، على مستوى عال من النقاء؛ إذ يُزال نحو ٩٩,٥ % من المواد العالقة الصلبة، والنيتروجين، والفسفور، والزيوت العالقة والدهون . وتتضمن هذه العمليات: التخثر الكيماوي، والترسيب، الترويب بالآيماويات والتزغيب والطفو والترسيب الذي يلي الترشيح والترشيح الرملي، والامتصاص الكربوني، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي .

المواد العالقة في الماء (TSS) Total Suspended Solids

وتشمل كل المواد الطافية والمعلقة سواء علي سطح الماء أو في داخله ، وهي وزن المواد التي يمكن حجزها علي وسط ترشيح بعد تجفيفها في فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٣ الي ١٠٥ درجة مئوية ، وتقدر كمية المواد العالقة بالمليجرام في اللتر .

المواد السامة Toxic Substances

المواد السامة تعد ثالث أكثر الأنواع الكيميائية انتشارا في المجال الصناعي وأكثرها خطورة . وتعرف المواد السامة بأنها اية مادة تسبب سمية أو تسمم للإنسان ومن المواد السامة الغير عضوية مادة الاسبستوس الخطيرة والتي عند التعرض الشديد لها لفترات طويلة تسبب اصابة الرئتين بالتليف ويمكن ان يؤدي الي حدوث سرطان بالرئة . والعناصر الثقيلة مثل الكاديوم والزنك والرصاص من المواد ذات الطبيعة السامة لطبيعتها تراكمها داخل جسم الانسان مسببة تلف للكلية والكبد ، ومن اهم مصادر العناصر الثقيلة صناعات البطاريات والطلاء الكهربائي .

والفينولات ومركبات الفورمالدهيد والتي تنتج من مصانع البلاستيك والمواد اللاصقة تعد من المواد العضوية السامة. وتنتقل كثير من المواد السامة للإنسان عند تلوث البيئة المائية بتلك المواد عبر سلسلة الغذاء مع النبات والحيوان أو بالاتصال المباشر بالإنسان.

معالجة المواد السامة Toxic Substances Treatment

هناك انواع من مياه الصرف تحتوي علي مواد ذات سمية أو ملوثات خاصة مثل انواع الصرف الصناعي التي تنتج كثير من العناصر السامة والعناصر شديدة التلوث والتي يلزم لمعالجتها طرق وعمليات خاصة بكل مجموعة من الملوثات. تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة في عمليات المعالجة ؛ فضلا عن اثارها المدمرة علي البيئة وخاصة البيئة المائية.

أسلوب (تكنولوجيا) المعالجة Treatment Technology

أية عملية يقصد بها تنقية المياه من الملوثات.

العكارة Turbidity

المظهر المرئي للمياه العكرة التي تمتلئ بالمواد العالقة. وقد تقاس درجة العكارة التي تعتبر خاصة بصرية، وتستخدم مستوى نوعية المياه وصفاتها.

U

الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Radiation UV)

أشعة كهرومغناطيسية غير مرئية حيث أنها تتميز بطول موجة أقل من تردد الضوء المرئي. وتتبع الأشعة فوق البنفسجية مع أشعة الشمس وتنقسم إلى ثلاث درجات (A, B, C) حسب طول الموجة.. وتعتبر الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الطويلة (UVA) مفيدة لحياة النباتات على الأرض، كما أنه يتم استخدامها في العديد من التطبيقات الطبية. أما بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية المتوسطة فإنها ضارة لصحة الإنسان حيث تسبب في حدوث سرطان الجلد وبعض أمراض العين (مثل مرض عتامة العدسة كتراك). وتعتبر أخطر أنواع الأشعة فوق البنفسجية هي الأشعة قصيرة الموجة (UVC) حيث تسبب في قتل العديد من الكائنات الحية وحدثت أمراض سرطان الجلد وغيرها من الأضرار على صحة الإنسان

V

الفيروسات Viruses

الفيروسات أبسط واصغر الكائنات الدقيقة ، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ إلى ٠,٣ ميكرون ، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين . وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي او خارج الخلية الحية ، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (المائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها للفيروسات الجدري ، التهاب الكبدى الوبائى ، شلل الأطفال والإيدز بالإضافة الي مجموعة متنوعة من امراض الجهاز الهضمي والتنفسي .

المواد العالقة المتطايرة Volatile Suspended Solids

هي جزء من المواد العالقة وهي تمثل الجزء العضوي الذي يتحلل تماما متحولا الي طاقة او الي كائنات حية جديدة
عندما توضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة ١٠٣ مئوية في فرن حرق درجة حرارته ٥٥٠ درجة مئوية ، فان جميع المواد العضوية تتطاير منها بالحرق ، وكمية المواد المتطايرة تحسب بالمليجرام في اللتر .

W

Waste Activated Sludge الحمأة المنصرفة

هي كمية الحمأة التي يراد التخلص منها نهائيا من قاع المروقات النهائية ، ويتخلص منها الي أحواض التجفيف أو الي وحدات معالجة الحمأة ، ويتم ذلك لكون هذه الحمأة ناتجة من تكاثر الكائنات الحية يكون عادة أكثر من الكمية المراد اعادتها لتنشيط أحواض التهوية .

Worms الديدان

وهي الكائنات الحيوانية الدقيقة الأكبر في الحجم والاكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من البكتريا والفيروسات والطحالب داخل مياه الصرف، ويمكن رؤية العديد منها بالعين المجردة ، وتتميز بقدرتها علي تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة الي مركبات معقدة مترابكة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها ، كما ان دورة حياتها معقدة .

ANNEX

Wastewater analysis				
Parameter	Name	Unit	Analyzed for	Use
SS	Suspended Solids	mg /l	Inlet,PST, Outlet	Discharge regulation *Efficiency of treatment. *Estimation of sludge production.
VSS	Volatile suspended Solids	mg /l	Inlet	Estimation of sludge and biogas production
COD	Chemical Oxygen Demand	mg /l of O ₂	Inlet,PST, Outlet	Efficiency of the treatment.
BOD ₅	Biological Oxygen Demand	mg /l of O ₂	Inlet,PST, Outlet	Discharge regulation *Efficiency of treatment. *Estimation of sludge production.
COD, BOD ₅ 2 h settled		mg /l of O ₂	Inlet	Maximum efficiency of primary settlement
COD, BOD ₅ soluble		mg /l of O ₂	Inlet	Efficiency of removing soluble BOD,COD
TKN,N-NH ₄	Total Nitrogen, Ammonia	mg /l of N	Inlet, Outlet	TKN= Norganic+ N-NH ₄
N-NO ₂	Nitrite	mg /l of N	Outlet	Normally low < 1 mg /l

N-NO ₃	Nitrate	mg /l of N	Outlet	a risk of floating of solids in FCT
P-PO ₄	Phosphate	mg /l of P	Inlet ,outlet	*Efficiency of phosphorous removal. *Nutrient ratio
O&G	Oils & Grease	mg /l	Inlet	Fatty part of the COD
S-	Sulphide	mg /l of S	inlet	*Safety *Biological treatment. * Corrosion
Res CL ₂	Residual chlorine	mg /l of Cl ₂	Outlet	Disinfection and Discharge regulation
Sludge analysis				
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	g/l	Aeration Tank	Quality of sludge in the aeration tank
MLVSS	Mixed Liquor Volatile Suspended Solids	g/l		Volatile part of the sludge in the aeration tank
SV	Sludge Volume	ml/l		Ability of sludge to settle
SVI	Sludge Volume Index	ml/g		
SS	Suspended Solids	g/l	Return/Waste Activated	Use to verify the

			Sludge	recirculation ratio
SS	Suspended Solids	g/l	Primary sludge	Primary sludge waste
DS	Dry Solids	g/l	Thickened sludge	Thickening efficiency
DS	Dry Solids	g/l	Floated sludge	DAF efficiency
DS	Suspended Solids	g/l	Digesters inlet and outlet	Organic load efficiency
VDS	Volatile Dry Solids	g/l		
Alkalinity		mg/l of CaCO₃	Digester	Follow-up of digestion
VFA	Volatile Fatty Acids	mg/l of CH₃COOH		
DS	Dry Solids	%	Dewatering	Regulation Dewatering efficiency

Some Useful Calculations

Concentrations and mass Calculations

1 ppm = 1000 ppb (parts per billion) = 1 mg/kg (solid) = 1 mg/l (liquid)

1 ppm \times 1/10000 = percent

1 ppb = 1000 ppt (parts per trillion) = 1 μ g/kg (solid) = 1 μ g/l (liquid)

1 milligram (mg) = 0.001 gram and 1 kilogram (kg) = 1,000 grams

mg = milligrams (10^{-3} g)

μ g = micrograms (10^{-6} g)

ng = nanograms (10^{-9} g)

pg = picograms (10^{-12} g)

μ m = micrometer (10^{-6} m)

nm = nanometer (10^{-9} m)

1% = 10,000 mg/L

Ibs = mg / l \times MGD \times 8.34 Ib / gal

Concentration mg / l = pounds per day / flow (MGD) \times 8.34 Ib/gal

Temperature

$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$

$^{\circ}\text{F} = (9/5 ^{\circ}\text{C}) + 32$

Water Solids

Percent water + percent solids = 100 percent

Percent solids = 100 percent - percent water.

Flow Calculations

-Velocity ft/sec

$$= \frac{\text{flow rate cu ft/ sec}}{\text{cross section area sq ft}}$$

- $V \approx Q/A$

- Detention Time (minute) = $\frac{\text{Tank volume gal}}{\text{flow rate GPM}}$

- Discharge Time%

= $\frac{(\text{Discharge Time hr per day})}{(\text{Total Time hr per day})} \times 100$

Solids Calculations

- Total Solids =

$\text{Total Dissolved Solids} + \text{Total Suspended Solids} + \text{Settable Solids}$

- Total Suspended Solids =

$\text{Volatile Suspended Solids} + \text{Non Volatile Suspended Solids}$

- Wt of non settlable Solids =

$(\text{Wt of Total Solids} - \text{Wt of dissolved Solids} - \text{Wt of settlable Solids})$

- SS Removal % = $(\text{SS inlet} - \text{SS effluent} / \text{SS inlet}) \times 100$

- Sedimentation Efficiency of PST =

$(\text{Inlet SS of PST} - \text{Outlet S.S of} / \text{Inlet SS of PST}) \times 100$

Organic Load Calculations

- Waste Load % =

$(\frac{\text{Discharge waste load lbs per day}}{\text{Plant capacity lbs per day}}) \times 100$

- Total BOD (mg/l) =

$\text{Carbonaceous BOD} + \text{Nitrogenous BOD}$

- BOD Removal % =

$(\text{BOD inlet} - \text{BOD effluent} / \text{BOD inlet}) \times 100$

- COD Removal % =

$(\text{COD inlet} - \text{COD effluent} / \text{COD inlet}) \times 100$

- Total Carbon =

$\text{Total Inorganic Carbon} + \text{Total Organic Carbon}$

- F/M = mass food in wastewater /mass of bacteria in aeration tank

Nitrogen Calculations

- Total Nitrogen = Kjeldahl Nitrogen (mg/l) + Nitrite & Nitrate
- Kjeldahl Nitrogen (mg/l) = Organic Nitrogen + Ammonia
- Total Organic Nitrogen = Nitrate -Nitrogen + Nitrite Nitrogen

Sludge Calculations

- SVI = Sludge volume / Mixed liquor Suspended Solids ml / g
- Sludge age, in days = VA / QC

Where. V = aerator volume, in million gallons;

A = average concentration of suspended solids in the aerator, in milligrams per liter;

Q = sewage flow, in million gallons per day;

C = suspended solids in primary tank effluent; in milligrams per liter.

- Percentage of return sludge = $100 / [100/ip) - 1]$

Where i = sludge volume index;

p = percentage of solid in the mixed liquor.

Wastewater Balance

(Influent) + (Water added) = (Effluent) + (Water in sludge)

(Water In) = (Water Out) + (Water Consumption) + (Water Losses)

Wastewater Solids Balance

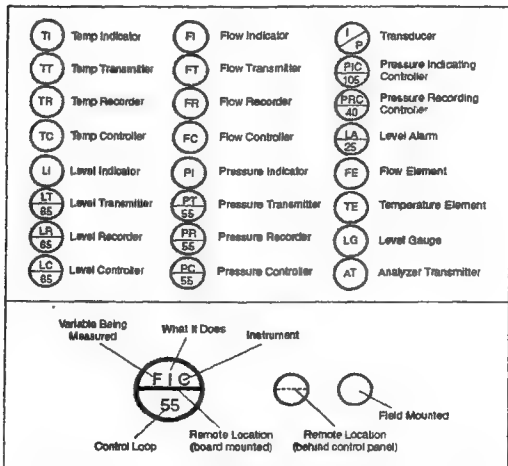
$$(S.S. \text{ in Influent}) + (\text{New Solids Made}) = (\text{Change in MLSS}) + (\text{Solids in Surplus Sludge}) + (S.S. \text{ in Final Effluent})$$

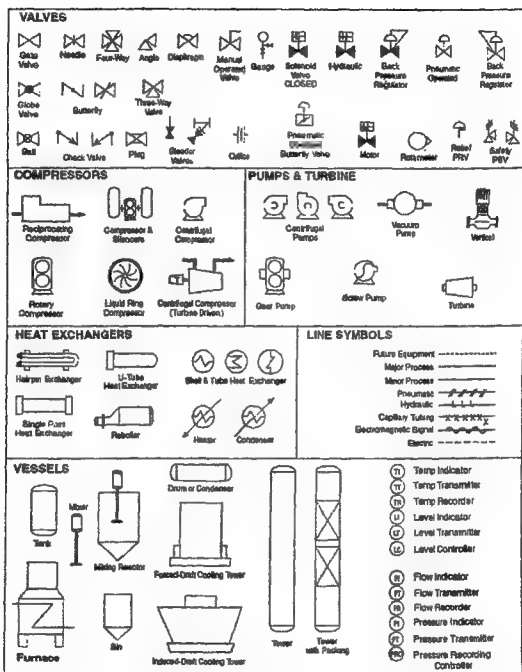
RO Calculations

$$- \% \text{ Recovery} =$$

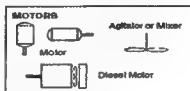
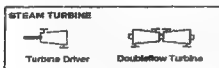
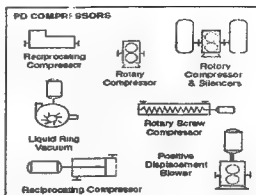
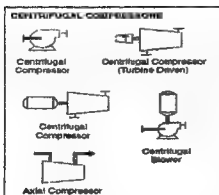
$$\text{Volume of Treated Water produced} / \text{Volume of Feed Water used}$$

Water Treatment Legends

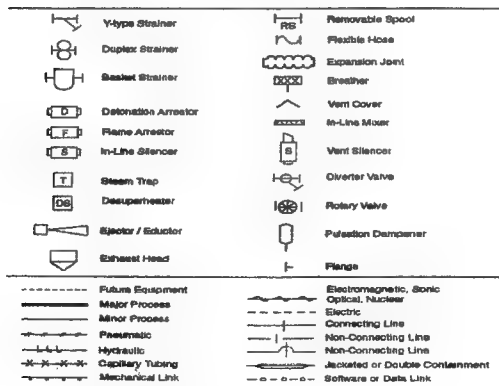




Process and Instrument Symbols



Compressors, Steam Turbines, and Motors



Piping Legends

المراجع العربية

- ١- المعالجة البيولوجية لمياه الصرف أحمد السروي الدار العلمية ٢٠٠٧.
- ٢- هندسة الصرف الصحي د/ محمد صادق العدوي - كلية الهندسة جامعة الإسكندرية ٢٠٠٥ .
- ٣- موسوعة الهندسة الصحية د/ محمد علي علي فرج ١٩٨٥.
- ٤- قانون البيئة بجمهورية مصر العربية لسنة ١٩٩٤ .
- ٥- دراسات المجالس القومية المتخصصة شعبة البيئة .
- ٦- الجهاز التنفيذي لمشروع الصرف الصحي للقاهرة الكبرى " برنامج التكريب " تنقية المجاري والصرف الصحي "
- ٧- "الموسوعة العربية العالمية"، مؤسسة أعمال الموسوعة للنشر والتوزيع، ط٢ ١٩٩٩م.
- ٨- دليل التحاليل اللازمة لمياه الصرف الصحي اكااديمية البحث العلمي والتكنولوجيا مجلس بحوث البيئة ١٩٩٩ م .
- ٩- معالجة مياه الفضلات الصناعية أ.د. أحمد فيصل اصغري مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ١٩٩٩ م .
- ١٠- محاضرات م صفوان الأخرس في التظاهرات والدورات التدريبية العلمية والهندسية في -الادارة البيئية للمخلفات السائلة ومعالجة مياه الصرف الصناعي والصحي .
- ١١- التلوث الفيزيائي والكيميائي للبيئة المائية أحمد السروي ٢٠٠٧ الدار العلمية.
- ١٢- الكيمياء البيئية أحمد السروي ٢٠٠٨ الدار العالمية.

References

- 1-Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill,: 2002.
- 2- Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D.N&P Limited 2002.
- 3- Wastewater treatment plants: planning, design and operation. c2 ed. Lancaster, Pennsylvania Technomic Publishing Company,1999.
- 4-Water and Wastewater Laboratory Techniques, 1995, Water Environment Federation, 1-800-666-0266, publication number P15124GC.
- 5- Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, USEPA 1989, PB297451, 1-800-553-6487.
- 6- Qasim, S.R., Wastewater treatment plants: planning, design and operation. c2 ed. Lancaster, Pennsylvania Technomic Publishing Company,1999.
- 7- Quality system guidelines for laboratories to develop high quality Professional work. www.ifbsl.org
- 8- Instrumentation in wastewater treatment facilities. Manual of practice No. 21. Virginia, Water .H. D. Gilman et al Environment Federation, 1993.
- 9-Vermont Department of Environmental Conservation Quality Assurance Guidelines for Wastewater Treatment Facility Laboratories Andrew Fish, C.E.T. 1999.
- 10-Manual of Ohio EPA Surveillance Methods and Quality Assurance Practices 2003 State of Ohio Environmental Protection Agency.

- 11-Water environment Federation (WEF) and American Society of Civil Engineers (ASCE), Design of municipal wastewater treatment plants (Volume 1), WEF Manual of Practice No.8 and ASCE Manual and Report on Engineering Practice No 76, Vermont, Book Press, Inc., 1992.
- 12-Droste, R.L .Theory and practice of water and wastewater treatment. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1996.
- 13- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Ed.
- 14-Microbial Pathogens in Wastewater .Simon Toze – Technical report No 1/97 June 1997.
- 15- National Research Council, Ground water recharge using Waters of impaired quality. Washington, D.C., National Academies Press, 1994.
- 16- Reed, S.C., Middlebrooks, E.J.and Crites, R.W .Natural systems for waste management and treatment New York, McGraw Hill., 1988.

فهرس الكتاب

الموضوع	الصفحة
مقدمة الكتاب	٩
مسرد المصطلحات	١٥
الباب الاول	
مياه الصرف الصحي	
تمهيد	٢١
١-١. دورة الماء على سطح الأرض	٢٢
١-١-١. الدورة الاصطناعية للمياه	٢٥
١-١-٢. دورة أستهلاك الماء	٢٧
٢-١. مصادر المخلفات السائلة	٢٨
١-٢-١. معدل صرف وتدفق مياه الصرف الصحي من المصادر المختلفة	٢٩
٣-١. أنظمة الصرف الصحي المختلفة	٣١
٤-١. الدراسات اللازمة لاتشاء شبكة الصرف	٣٦
١-٤-١. تصميم شبكة المجاري	٣٨
٥-١. مكونات المخلفات السائلة	٤٢
١-٥-١. الفضلات البشرية ومياه الصرف	٤٦
٦-١. الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف	٤٧
٧-١. الملوثات في مياه الصرف	٦٤
٨-١. خيارات التخلص من مياه الصرف	٦٧

- ٧٠ ١-٨-١. الآثار البنينة لصرف مياه الصرف الغير معالجة
- ٧٧ ٩-١. طرق وعمليات معالجة مياه الصرف
- الباب الثاني
- عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف
- ٨٥ ١-٢. عمليات للمعالجة الفيزيائية
- ٨٧ ٢-٢. التصفية
- ٩٨ ٣-٢. الطحن والتفتيت
- ١٠٠ ٣-٢. معادلة التدفق
- ١٠٥ ٤-٢. حجز الحصى والرمال
- ١١٣ ٥-٢. أحواض حجز الرمال المهواة
- ١١٦ ٦-٢. الترسيب بالجاذبية (الترسيب الطبيعي)
- ١١٩ ٦-٢-١. الترسيب الابتدائي
- ١٥٣ ٦-٢-٢. الترسيب الثانوي
- ١٥٨ ٧-٢. الترشيح
- ١٦٢ ٧-٢-١. المرشحات الرملية البطيئة
- ١٦٥ ٧-٢-٢. المرشحات ذو الوسط الحبيبي
- ١٦٧ ٨-٢. التعويم
- ١٧٢ ٩-٢. التناضح العكسي
- ١٨١ ١٠-٢. الانظمة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف
- الباب الثالث
- عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف
- ١٨٩ ١-٣. عمليات المعالجة الكيميائية
- ١٩١ ٢-٣. الكيماويات المستخدمة في عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

١٩٣	٣-٣. الترسيب الكيميائي
١٩٥	٣-٣-١. عملية الترسيب الكيميائي
١٩٩	٣-٣-٢. الترسيب الكيميائي لتحسين أداء محطات مياه الصرف.
٢٠٥	٣-٣-٣. إزالة الفسفور.
٢١١	٣-٣-٤. العناصر الثقيلة
٢١٦	٣-٣-٤-١. إزالة العناصر الثقيلة بالترسيب الكيميائي
٢٢٣	٣-٤ التعادل
٢٢٥	٣-٥. الامتزاز بالكربون المنشط
٢٣٥	٣-٦. التطهير
٢٤٠	٣-٧. التطهير بالكلور (الكلورة)
٢٥٢	٣-٨. نزع الكلور

الباب الرابع

المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة (الحمأة)

٢٥٧	مقدمة
٢٦٣	٤-١. العمليات التمهيدية لتجهيز الحمأة للمعالجة والتثبيت
٢٦٦	٤-٢. العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة الحمأة
٢٦٦	٤-٢-١. أولاً عمليات تكثيف الحمأة
	٤-٢-٢. ثانياً عمليات تثبيت الحمأة
٢٨٨	٤-٢-٣. ثالثاً تكثيف الحمأة
٢٩٠	٤-٢-٤. رابعاً التجفيف ونزع الماء من الحمأة
٣٠٧	٤-٢-٥. خامساً تطهير الحمأة
٣١٨	٤-٢-٦. سادساً التخلص من الحمأة واستخدامها

الباب الخامس

تطبيقات عمليات المعالجة

- ٣٣٩ ١-٥. عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف
- ٣٤٠ ١-١-٥. المعالجة التمهيدية
- ٣٤١ ٢-١-٥. المعالجة الابتدائية
- ٣٤٢ ٣-١-٥. المعالجة الثانوية
- ٣٤٣ ٤-١-٥. المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة)
- ٣٤٦ ٥-١-٥. معالجة مياه الشبكات المجمعة
- ٣٤٦ ٦-١-٥. معالجة المواد السامة وإزالة الملوثات الخاصة
- ٣٤٧ ٢-٥. المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف
- ٣٤٧ ١-٢-٥. المعالجة بالتربة والخزان الجوفي
- ٣٤٩ ٢-٢-٥. المعالجة اللامركزية لمياه الصرف
- ٣٥٢ ٣-٥. معالجة الحمأة
- ٣٥٥ ٤-٥. مثال تطبيقي عملي لأحد مشاريع معالجة مياه الصرف
- ٣٦٢ ٥-٥. إزالة الملوثات من خلال مراحل المعالجة
- ٣٦٥ ٦-٥. طرق المعالجة مميزاتها وعيوبها

الباب السادس

إدارة مياه الصرف المعالجة

- ٣٦٩ ١-٦. مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة
- ٣٧٠ ١-١-٦. أولاً الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة
- ٣٨١ ٢-١-٦. ثانياً استخدام المياه المعالجة في الأنشطة الترفيهية
- ٣٨٢ ٣-١-٦. ثالثاً استخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه الجوفية
- ٣٨٣ ٤-١-٦. رابعاً الاستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة

- ٣٨٣ ٥-١-٦. خامساً استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب
- ٣٨٤ ٢-٦. إعادة استعمال المياه الرمادية
- ٣٩٦ ٣-٦. الاتجاهات والاهتمامات الجديدة لاعادة استخدام مياه الصرف
- الباب السابع

التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

- ٣٩٩ ١-٧. المتابعة المستمرة لكلفة القياسات داخل المحطة.
- ٤٠٢ ٢-٧. الاختبارات المعملية للتحكم في عمليات معالجة مياه الصرف.
- ٤١٠ ٣-٧. جمع العينات المعملية.
- ٤٣٤ ٤-٧. أختبارات مياه الصرف.
- ٤٦١ ٥-٧. النتائج المعملية وكفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية.
- ٤٦٥ ٦-٧. ضبط الجودة داخل معامل مياه الصرف.
- ٤٦٧ ٧-٧. أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف.
- ٤٧٤ ٨-٧. عمليات التفتيش الببلي على محطات الصرف.

الباب الثامن

قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

- ٤٨٥ مقدمة
- ٤٨٦ ١-٨. المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي.
- ٤٩٠ ٢-٨. أولا المخاطر البيولوجية.
- ٤٩٥ ٣-٨. ثانيا مخاطر المواد الكيميائية.
- ٥٠٥ ٤-٨. ثالثا اخطار غاز كبريتيد الهيدروجين و احتياطات السلامة معه.

٥١٢	٨-٥. مخاطر الكلور.
٥١٥	٨-٦. مخاطر الخزانات.
٥١٦	٨-٧. مخاطر الكهرباء.
٥٢٩	قاموس المصطلحات العلمية
٥٤٩	الملاحق
٥٥٨	المراجع العربية والاجنبية

مطابع الجدار الهندسية/القاهرة

تلكس ٢٥١٠٢٥٩٨ عمول ٠١٢٢٣٤٩٠١١



دار
الكتاب

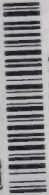
تعد مياه الصرف الصحي أحد أنواع المياه الملوثة الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة واستعمالاته المتعددة للماء في كثير من الأغراض .

وتعد معالجة مياه الصرف معالجة جيدة وفعالة من أهم وسائل وطرق حماية البيئة المائية والأرضية من التلوث إذ توفر المعالجة العلمية الصحيحة التخلص الآمن والصحيح لها وإعادة تدويرها بأمان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الإنسان والحفاظ علي بيئته وصحته.

ومن هذا المنطلق جاء موضوع هذا الكتاب الذي يتناول عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف بأسلوب علمي شارحا لكثير من نظم المعالجة الحديثة لمياه الصرف والرواسب الصلبة (الحمأة) الناتجة عن عمليات المعالجة ، ووسائل التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف ، ومبينا إدارة مياه الصرف المعالجة والمجالات المختلفة لاستخدام مياه الصرف المعالجة والاستفادة منها. بالإضافة إلي تناول موضوع هام وهو قواعد السلامة والأمن داخل محطات معالجة مياه الصرف.

نرجو الله سبحانه وتعالى ان يكون هذا الكتاب اسهاما متواضعا في نشر الاهتمام بالعلم في بلادنا ، حيث أن المكتبة العربية بحاجة ماسة إلى كتاب عربي علمي يجذب القارئ للاستزادة والتوسع في العلوم الأساسية والهندسية ، وأن يكون حافزا لمزيد من اصدار ونشر كثير من الكتب العلمية والتراجم باللغة العربية إسهاما منا في نشر الثقافة العلمية في بلادنا التي هي في أمس الحاجة للتقدم العلمي والتقني.

Bibliotheca Alexandrina



1126312

١١١ ش الملك فيصل / برج مصر الخليج ناسية ش المستشفى

٣٧٧١٩٨٩٩٠ ف ٣٧٤٤١٣٢٤ - ٣٧٤٤٦٤٣٨ ف

e-mail: daralaalmiya@hotmail.com